

Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter Prof. Dr. J. Kluczka)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor Prof. Dr. F. Jung) der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchungen über die Schaumkraft grenzflächenaktiver Stoffe in Zahnpasten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
DIETER MÖLLER
aus Mainz

Mainz 1966



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter Prof.Dr.J. Kluczka)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrank-
heiten (Direktor Prof. Dr. F. Jung)
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE SCHAUMKRAFT
GRENZFLÄCHENAKTIVER STOFFE
IN ZAHNPASTEN

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Würde
eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
Dieter Möller
aus Mainz

Mainz
1966



Dekan: Prof. Dr. Kortling
Referent: Prof. Dr. Dr. P. Riethe
Korreferent: Prof. Dr. J. Kluczka

Tag der mündlichen Prüfung: 24.1.1966

Inhaltsübersicht

Einleitung	1
A. Untersuchung der Schaumkraft von grenz- flächenaktiven Substanzen und Zahnpasten	7
Einleitung	8
Methodik	10
Diskussion der Methodik	14
Befunde	16
Graphische Darstellung der Befunde	21
Statistische Methode	38
Statistische Auswertung	43
Diskussion der Befunde	45
Zusammenfassung	49
B. Untersuchung der Wirkung von grenz- flächenaktiven Substanzen und Zahnpasten auf das Zahnoberhäutchen	50
Einleitung	51
Methodik	55
Diskussion der Methodik	58
Befunde	60
Diskussion der Befunde	65
Zusammenfassung	67
C. Literaturverzeichnis	68
D. Anhang	69
Tabellen der Meßwerte	70
Graphische Darstellung der Einzelwerte	100
Tabellen der statistischen Auswertung	138

Einleitung

Wie bei der Zusammensetzung der Hautreinigungsmittel sich in den letzten Jahren ein Wandel von den echten Seifen zu den synthetischen Waschmitteln vollzogen hat, werden auch heute in den Zahnpasten immer mehr synthetische Detergentien inkorporiert, die in ihrer Waschwirkung den Seifen überlegen sind. Da die reinigende Wirkung einer Zahnpaste mit ihrem Vermögen, Schaum zu entwickeln, in Verbindung gebracht wird, stellt sich die Frage, ob eine Zahnpaste schäumend oder nicht schäumend sein soll.

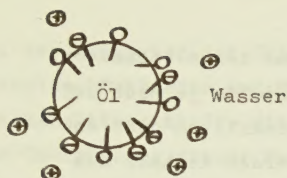
Bei dem Schaum, den ein Reinigungsmittel entwickelt, handelt es sich um einen flüssigen Schaum, d.h. allgemein die Dispersion eines Gases in einem flüssigen Medium, in unserem speziellen Falle von Luft in Wasser. Seifenschaum ist eine "flüssige und hydratisierte, kolloidale Seifenlösung", in welcher Luft dispergiert ist. Die Waschwirkung beruht darauf, daß "das infolge schwacher hydrolytischer Spaltung fettsaurer Salze entstehende Alkali fettige Verunreinigungen emulgiert und andere Schmutzteilchen dabei entfernt." "Reine Alkalilaugen gleicher Konzentration besitzen dagegen keinerlei Waschwirkung, während Natriumsalze von Schwefelsäureestern höherer Alkohole, die nicht hydrolytisch gespalten sind", den gleichen Reinigungseffekt erzielen wie Seife (Wehle, H. 1959). Seife wie Syndet besitzen die "Fähigkeit, die Oberflächenspannung des Wassers herabzusetzen und sich an dessen Grenzfläche anzureichern. Als Grenzfläche wird die Trennfläche zwischen zwei aneinander grenzenden festen, flüssigen oder gasförmigen Phasen bezeichnet". Man spricht in diesem Zusammenhang von "Grenzflächenaktiven Stoffen" und versteht darunter solche "Verbindungen, die sich in einem Lösungsmittel derart verteilen, daß ihre Konzentration an den Grenzflächen größer ist

als im Innern des Lösungsmittels, wodurch eine Herabsetzung der Oberflächenspannung des Lösungsmittels erreicht wird. Die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit wirkt einer Filmbildung und damit dem Entstehen von Schaumlamellen entgegen, so daß erst durch die Herabsetzung der Oberflächenspannung mittels grenzflächenaktiver Stoffe eine Schaumentwicklung möglich wird"(Laux,K. 1960).

Durch die geringe Oberflächenspannung einer Waschmittellösung wird einerseits die Dispersion von Luft, d.h. die Schaumbildung begünstigt, andererseits bildet die Lösung gute Emulsionen mit Öl, wobei das dispergierte Öl je nach Art des Emulgators das Dispersionsmittel Wasser an Menge übertreffen kann, was zu W/O (Wasser/ÖL)-Emulsionen oder O/W (Öl/Wasser)-Emulsionen führt. Bei der Hydratation von Seife in Wasser entstehen Seifenmoleküle mit einem hydrophilen und einem hydrophoben Teil. Wird nun ein Öltröpfchen in dieser Lösung emulgiert, ordnen sich die Seifenmoleküle an seiner Oberfläche derart an, daß die hydrophoben negativ geladenen Fettsäurerest-Ionen sich an dem positiv geladenen Öltröpfchen oder Schmutzpartikel anlagern, die positiv geladenen hydrophilen Teile des Seifenmoleküls sich nach außen richten und so "durch teilweise Neutralisation das auf elektrostatischer Anziehung beruhende Haftvermögen vermindern" (Wehle,H. 1959). (s.Abb.1)

"Zur zeichnerischen Darstellung der grenzflächenaktiven Stoffe bedient man sich einfacher Symbole. Die Kohlenwasserstoffkette des hydrophoben Restes wird meist durch einen einfachen Strich oder auch durch ein Stäbchen dargestellt und der Sitz der hydrophilen Gruppe durch einen kleinen Kreis oder Schwärzung angedeutet" (Laux,K. 1960).

(s.Abb.2)



— unpolare Molekülteile

○ neutrale nicht dissoziierte Gruppen

⊖ Anionen

⊕ Kationen

Abb. 1 In Wasser mit Hilfe einer grenzflächenaktiven Substanz emulgiertes Öltröpfchen.
(n. Laux S. 169)

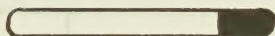


Abb. 2 Grenzflächenaktives Molekül schematisch
(n. Laux S. 158)

"Grenzflächenaktive Stoffe werden heute im allgemeinen in anionaktive, kationaktive, nicht ionogene und amphotere Verbindungen eingeteilt. Die Grundlage dieser Einteilung bildet die Art der hydrophilen Gruppen und das von diesen abhängige Verhalten der Verbindungen in wässrigen Lösungen. Verbindungen mit salzbildenden hydrophilen Gruppen, auch ionogene Verbindungen genannt, bilden beim Lösen in Wasser Ionen. Ist die hydrophile Gruppe saurer Natur, so liegt der hydrophobe Rest mit der hydrophilen Gruppe als Anion vor, dem ein kleines Kation, z.B. das Natrium-Ion gegenübersteht. Eine solche Verbindung wird als anionaktiv bezeichnet. Bei Verbindungen mit basischen hydrophilen Gruppen bildet der grenzflächenaktive Molekülteil in wässriger Lösung das Kation, die Verbindung ist kationaktiv. Stoffe, deren hydrophile Gruppen keine Salze bilden und die deshalb auch nicht dissoziieren können, bezeichnet man als nichtionogen. Sind bei Verbindungen

mit mehreren hydrophilen Gruppen diese teils basischer, teils saurer Natur, so können diese Stoffe je nach den Bedingungen der Lösung entweder kationaktiven oder anionaktiven Charakter annehmen. Sie werden deshalb als amphoter bezeichnet".(Laux,K. 1960)

Typ	Grenzflächen-aktiver Rest	Gegenion	Ionogenität
Seife	---COO^-	Na^+	anionaktiv
Alkyltrimethyl- ammoniumchlorid	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \diagdown \quad \diagup \\ \text{---N}^+ \\ \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Cl^-	kationaktiv
Alkylpolyglykol- äther	$\text{---O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_x\text{H}$		nichtionogen
Betain	$\begin{array}{c} \text{---CH-COO}^- \\ \quad \quad \diagup \\ \quad \quad \text{N}^+ \\ \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad (\text{CH}_3)_3 \end{array}$		amphoter

Tab.1 Einteilung der grenzflächenaktiven Stoffe(n.Laux S.159)

"Die optimale Schaumbildung der ionogenen Detergentien mit endständiger hydrophiler Gruppe liegt bei den Verbindungen mit 12-14 C-Atomen, bei Verbindungen mit interner hydrophiler Gruppe bei 14-16 C-Atomen im hydrophoben Rest. Durch Zusatz von freien Fettalkoholen und Fettsäurealkanolamiden läßt sich die Schaumentwicklung vor allem aber die Haltbarkeit des gebildeten Schaumes verbessern. Nichtionogene Verbindungen schäumen schwächer als die meisten ionogenen. Ihr Schaum ist meist verhältnismäßig grobblasig und trocken. Bei gleichbleibendem hydrophobem Rest nimmt die Schaumkraft mit steigender Länge der hydrophilen Kette bis zu einem Maximum zu".(Laux,K. 1960)

Bei der Reinigung der Zähne und der Mundhöhle von Speiseresten, Bakterien und Belägen stellt sich an die grenzflächenaktiven Stoffe die Forderung, durch Schaumbildung und Emulgierung dieser Partikel die rein mechanische Reinigung durch Bürste und Putzkörper zu unterstützen; besonders ist dies im Bereich der Interdentalräume und der Zahnfleischtaschen der Fall, wo die Borsten nur schwer oder gar nicht eindringen können. Auch soll bei der meist allzu kurzen Zeit, die auf die tägliche Zahnpflege verwendet wird, ein optimaler Reinigungseffekt erzielt werden, denn "ein vollkommen sauberer Zahn wird nicht kariös".(Wannenmacher, E. 1961)

"In den handelsüblichen Zahnpasten dienen als Schaummittel Fettalkoholsulfate und Fettsäurekondensationsprodukte." Darüber hinaus werden grenzflächenaktive Stoffe in kariesprophylaktischem Sinne eingesetzt, indem sie als "Schutzstoffe den enzymatischen Abbau von Kohlenhydraten und den damit verbundenen Angriff auf die Zähne hemmen." In diesem Sinne wirkt u.a. "Lauroylsarkosid".(Laux, K. 1960)

Im ersten Teil der Arbeit wird die Waschwirkung der grenzflächenaktiven Stoffe durch Messung der Schaumkraft bestimmt. K.Laux bestreitet die Bedeutung des Schaumvermögens für die Eigenschaften der grenzflächenaktiven Stoffe und einen direkten Zusammenhang zwischen der Stärke der Schaumentwicklung und der Erniedrigung der Oberflächenspannung.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Wirkung von grenzflächenaktiven Stoffen auf das Zahnoberhäutchen untersucht. Die "bactericide und fungicide Eigenschaft zahlreicher kationaktiver Stoffe, vor allem quartärer und

einiger amphoterer Verbindungen" läßt die Vermutung einer toxischen Wirkung dieser zu. Bisherige Untersuchungsbefunde geben keine Aufstellung einer diesbezüglichen Rangordnung. "Als gesichert kann jedoch gelten, daß quartäre Ammoniumverbindungen wesentlich toxischer sind als anionaktive und nichtionogene Stoffe." (Laux, K. 1960, vergl. auch die einschlägige Literatur, Laux S.182,183). K.Kitchin (1937) konnte bei der Untersuchung von Seifenpaste und Natriumalkylsulfatpaste an Menschen (Putzen mit einer Bürste) und an Hunden (Massage mit dem Finger) keine entzündlichen Reaktionen der Gingiva feststellen. "Es war jedoch interessant festzustellen, daß die Wirkung der Massage mit oder ohne Zahnpaste in einem Wachstum des verhornten, die Schleimhaut des Alveolarfortsatzes bedeckenden Epithels, bestand."

Durch die gute Resorptionsmöglichkeit in der Mundhöhle stellt sich die Frage, ob grenzflächenaktive Substanzen bei der Anwendung in Zahnpasten resorbiert werden und auf die-~~em~~ Wege oder durch Verschlucken derselben zu irgendwelcher Schädigungen führen können. J.Borneff (1960) stellt durch Untersuchungen an Mäusen fest, daß "handelsübliche Tenside vom Typ 'Pril'-flüssig in hohen Dosen per os vertragen" werden, sowohl was "die cancerogene Wirkung als auch die Giftigkeit der Substanz selbst" betrifft. S.Epstein (1939) untersuchte Natriumalkylsulfat, Natriumlaurylsulfoacetat und Seife. Dabei zeigten die Seifenersatzmittel eine stärkere Reizung als die Seife selbst "sowohl der oberflächlichen als auch der subcutanen Gewebe einschließlich Ösophagus und Magen". Bei peroraler Aufnahme "verringerte die Magendarmreizung den Hunger und führte zu einer verminderten Nahrungsaufnahme und zu einem Zurückbleiben im Größenwachstum". Bei der Übertragung dieser tierexperimentellen Befunde auf den Menschen gibt Epstein die größere Empfindlichkeit menschlicher, u.U. pathologisch veränderter Gewebe, zu bedenken. "Zeit und menschliche Erfahrung werden lehren, ob ihre dauernde Anwendung in Zahnpasten gerechtfertigt ist".

U N T E R S U C H U N G D E R
S C H A U M K R A F T V O N
G R E N Z F L Ä C H E N A K T I V E N
S U B S T A N Z E N U N D
Z A H N P A S T E N

Einleitung

Die grenzflächenaktive Wirkung eines Netzmittels äußert sich in seinem Vermögen, eine möglichst große Anzahl von Schmutzteilchen oder auch eine große Menge Luft zu dispergieren. Da die beiden Dispersionen eine Parallelität aufweisen und es einfacher ist, die dispergierte Luft meßtechnisch zu bestimmen, soll hier die Waschkraft von grenzflächenaktiven Stoffen in Form der Schaumbildung bestimmt werden. Bei der Zahnreinigung und generell bei der Dispersion von Schmutzteilchen oder Luft liegt die grenzflächenaktive Substanz in Form einer wässrigen Lösung vor. Es mußten also für unsere Versuche Lösungen des Detergens bzw. der Paste in Wasser, besser noch in destilliertem Wasser hergestellt werden, da im Leitungswasser Salze enthalten sind, die in ihrer Konzentration und Zusammensetzung schwanken und die Waschkraft nachteilig beeinflussen.

Um einen Schaum hervorzurufen ist es notwendig, eine bestimmte Menge Luft mit einer bestimmten Menge der Lösung in möglichst engen Kontakt zu bringen, was am einfachsten durch Schütteln in einem geschlossenen Gefäß zu erreichen ist. Dabei spielen einige Faktoren eine Rolle, die zu berücksichtigen sind. Die Temperatur des Wassers muß konstant sein und eine gleichbleibende Menge Wasser muß mit einer gleichbleibenden Menge Luft geschüttelt werden. Weiterhin ist die Zeit zu berücksichtigen, in der der Schaum entsteht und die Dauer der Beständigkeit, denn die Forderung, die an ein schäumendes Detergens gestellt wird, ist nicht nur die einer großen

Schaummenge, sondern auch deren Standfestigkeit. Der sich bildende Schaum wird eine bestimmte Menge Wasser verbrauchen, die in Abhängigkeit von der Schaummenge und der Art der grenzflächenaktiven Substanz verschieden sein wird und neben dem Volumen des Schaumes gemessen werden muß.

Um die Schaumkraft von Seifen zu bestimmen, wurde von C.Stiepel (1914) eine Methode ausgearbeitet, die von Hetzer (1935) weiter verbessert wurde. (vergl. die einschlägige Literatur Wehle, H. 1959). Hierbei wurde der Gebrauchswert von grenzflächenaktiven Substanzen festgelegt. Diese Methode wurde von H.Wehle (1959) in etwas abgeänderter Form zur Bestimmung der 'Schaumkraftzahl' herangezogen. Er füllte in einen 100 cm^3 Meßkolben, der in 1 cm^3 unterteilt war, 5 g Zahnpaste und füllte mit Wasser auf 50 cm^3 auf. Der Zylinder wurde 1 Minute lang geschüttelt und dann 1 Minute der Ruhe überlassen. Danach wurde die Menge des gebildeten Schaumes und der verbliebenen Lösung abgelesen. Aus dem Produkt der relativen und der absoluten Schaum-mengen $(SH-W_1) \cdot (SH-W_2)$ und ihrer Summe $SH-W_1 + SH-W_2$ wurde ein Quotient gebildet, der durch Vergleich mit dem theoretisch günstigsten Wert, bei dem die gesamte Luft und das gesamte Wasser verbraucht waren, die 'Schaumkraftzahl' ergab. Durch eine Einteilung in 5 Güterwerte konnten die Schaumkraftzahlen in eine Skala eingeordnet werden. (Wehle, H. 1959)

Methodik

Zur Untersuchung gelangten 13 verschiedene Detergentien. Von jedem dieser grenzflächenaktiven Substanzen wurden für jeden Versuch 200 ml Lösung angesetzt und zwar in den Konzentrationen von

- A. 0,000125 %
- B. 0,00125 %
- C. 0,0125 %
- D. 0,125 %

Die Lösung wurde in einen Standkolben von 650 ml Volumen, graduiert in 5 ml, unter möglichst geringer Schaumentwicklung eingebracht. Dieses Gefäß reichte für die meisten Detergentien aus. Einige bildeten jedoch erheblich mehr Schaum, sodaß diese in einem 1275 ml Kolben untersucht werden mussten, der in 10 ml graduiert war. Der Kolben wurde dann manuell 50 mal um 180 Grad gedreht, wodurch die Schaumentwicklung hervorgerufen wurde. Darauf wurde der Kolben 60 Sekunden der Ruhe überlassen, wodurch sich das verbliebene Wasser vom Schaum absetzte. Nach Platzen der obersten Schaumblasen verblieb eine standfeste Schaumsäule. Nach dieser Ruhezeit wurde die Höhe der Wassersäule und die der Schaumsäule abgelesen, wobei beim Schaum die obersten wandständigen Schaumbläschen fortgelassen und der Wasserspiegel an der Wand des Glases wegen der oftmals trüben Lösung abgelesen wurde. Von jedem Detergens wurden für jede Konzentration 5 Versuche durchgeführt und aus diesen die Durchschnittswerte errechnet.

Es wurden folgende Detergentien untersucht (nähere Angaben über die Detergentien siehe Tabelle 2):

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. Ascorbylpalmitat | 8. Hostapon KA |
| 2. Lathanol LAL | 9. Hostapon KTW neu |
| 3. Saccharoselaurat | 10. Türkischrotöl |
| 4. Lamepon | 11. Steinapol SBFA |
| 5. Sarcosyl NL | 12. Pasta X |
| 6. Texapon Z | 13. Seife H |
| 7. Elfanol R1 | |

Auf gleiche Weise wurden Standardpasten untersucht, die die betreffenden Detergentien in Konzentrationen von

A. 0,05 %

B. 0,5 %

enthielten, indem 5 g der Paste in 200 ml Aqua dest. gelöst wurden, was eine Konzentration der Detergentien von

A. 0,00125 %

B. 0,0125 %

in der Lösung ergab. Diese Lösungen wurden wie diejenigen der reinen Detergentien in je 5 Versuchen geschüttelt.

Schließlich wurden von 28 Handelszahnpasten je 5 g in 200 ml Aqua dest. gelöst und ihre Schaumvolumina in je 5 Versuchen auf die oben beschriebene Art ermittelt.

Es handelte sich um folgende Zahnpasten:

- | | | |
|------------------|----------------|----------------|
| 1. Blendax blau | 10. Eurodont | 19. Denicotin |
| 2. Blendax grün | 11. Signal | 20. Emoform |
| 3. Blendax rot | 12. Biox Ultra | 21. Teelak |
| 4. Blendi | 13. Chlorodont | 22. Elmex |
| 5. Goldax | 14. Supradont | 23. Binaca |
| 6. Blend-a-med | 15. Friscodent | 24. Kolynos |
| 7. Pepsodent | 16. Odol | 25. Myrtadont |
| 8. Colgate | 17. Aronal | 26. Ajona |
| 9. Super-Colgate | 18. Vademecum | 27. Lacalut |
| | | 28. Parodontax |

Als Schaummenge wurde die Höhe des abgelesenen Schaumvolumens (SH) minus der ursprünglichen Wassermenge (W_1) festgesetzt. Die verbrauchte Wassermenge wurde durch Subtrahieren der abgelesenen Wassermenge (W_2) von der ursprünglichen Wassermenge (W_1) berechnet.

$$\text{gebildete Schaummenge} = SH - W_1$$

$$\text{verbrauchte Wassermenge} = W_1 - W_2$$

Nr.	Detergens	Chemischer Aufbau	Hersteller
1.	Ascorbylpalmitat	Ascorbylpalmitat	Merck
2.	Lathanol LAL [®]	Natriumalkylsulfacetat	Nat.Aniline Division. N.Y.
3.	Saccharoselaurat	Saccharoselaurat	Laserson & Sabetay
4.	Lamepon [®]	Fettsäure-Eiweiß-Kondensat	Grünau
5.	Sarcosyl NL [®]	Natriumlauroylsarcosinat	Geigy
6.	Texapon Z [®]	Natriumlaurylsulfat	Dehydag (Henkel)
7.	Elfanol R [®]	Stickstoffhaltiges anionaktives Fettsäurekondensationsprodukt	Chem. Fabrik Düren
8.	Hostapon KA [®] A-Typ	Natriumsalze der Kondensationsprodukte aus gesättigten Fettsäuren mittlerer Kettenlänge mit Oxäthansulfonsäure	Hoechst
9.	Hostapon KTW neu [®]	Natriumsalze der Kondensationsprodukte aus gesättigten Fettsäuren mittlerer Kettenlänge mit Taurin	Hoechst
10.	Türksichrotöl	Sulforicinoleat	Riedel de Haën
11.	Steinapol SBFA [®]	Sulfobernsteinsäurehalbester	REWO Chem. Fabrik Steinau
12.	Pasta X	Natriumsalz einer Lauryläthercarbonsäure	Chemie Düsseldorf
13.	Seife H	Medizinische Seife	Seifenfabrik Harb

Tab. 2 Untersuchte grenzflächenaktive Stoffe und ihre Zusammensetzung nach Angabe der Herstellerfirma

Diskussion der Methodik

Für unsere Untersuchungen wurde die Methode von H. Wehle etwas abgeändert. Da sich in Vorversuchen zeigte, daß die modernen grenzflächenaktiven Stoffe eine weitaus höhere Waschkraft und damit eine größere Schaumentwicklung besitzen, mussten größere Gefäße für die Untersuchung verwandt werden. Für die meisten Detergentien reichte ein Standkolben von 650 ml Volumen aus, der durch seine Graduierung in 5 ml eine ausreichende Genauigkeit beim Ablesen gewährleistete. Da die Schaummenge aber in einigen Fällen das Fassungsvermögen des Kolbens überstieg, wurde für diese Detergentien und Pasten ein Meßkolben von 1275 ml Volumen, graduert in 10 ml, vorgezogen. Die von H. Wehle beschriebene Feststellung der schaumvermindernden Wirkung von großen Luftmengen über der Wassersäule konnte dabei nicht berücksichtigt werden. Um die Fehlerquellen möglichst gering zu halten, wurden die Substanzmengen jedesmal für einen Versuch neu eingewogen und zu der gewünschten Lösung verdünnt.

Die Pasten wurden nur einmal angefertigt, und die für jeden Versuch benötigte Pastenmenge wurde einer Tube entnommen. Die Standardpasten der R-Serie (R2-R63 = Nummer des Laboransatzes) enthielten folgende Bestandteile, die auch in Handelszahnpasten üblich sind:

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 1. Putzkörper (Ca-Phosphat) | 5. Netzmittel |
| 2. Bindemittel (Schleim) | 6. Aroma |
| 3. Glycerin | 7. Süßstoff |
| 4. Wasser | 8. Aerosil |

Wegen anderer vergleichender Untersuchungen entfiel das in Handelspasten enthaltene Konservierungsmittel. Aus technischen Gründen war es nicht möglich, die Untersuchungen an Pasten und Detergentien gleichzeitig durchzuführen. Zwischen der Untersuchung der Standard- und Handelspasten und der Untersuchung der Detergentien in Reinsubstanz lag ein Zeitraum von 5 Monaten.

Ein gleichmäßiges Schütteln durch 50maliges Umstülpen des Zylinders wurde für besser befunden als das Schütteln in einer Zeiteinheit. Das 50malige Umstülpen des Kolbens entsprach etwa einer Zeit von 30 - 35 Sekunden. Es wurden auch bei längerem Schütteln keine größeren Schaumvolumina gemessen.

Die rechnerische Methode von H. Wehler zur Bestimmung einer Schaumkraftzahl aus dem Wasserwert und dem Schaumwert erwies sich als nicht zweckmäßig. Sie ergibt nur ein harmonisches Mittel, das nichts über die tatsächlich erzeugte Schaummenge und die tatsächlich verbrauchte Wassermenge aussagt. Daher wurde auf eine Kombination der beiden Meßergebnisse zu einer Schaumkraftzahl verzichtet. Die beiden Größen wurden getrennt angegeben, was einen besseren Vergleich der verschiedenen Detergentien und Pasten mit- und untereinander zuläßt.

Befunde

Die bei den Schüttelversuchen festgestellten Größen sind in den folgenden Tabellen als Durchschnittswerte von 5 Versuchen bei jeder Substanz und in jeder Konzentration angegeben. Es sind dies 13 Detergentien in 4 Konzentrationen, 13 Standardpasten in 2 Konzentrationen und 28 Handelszahnpasten, bei denen die Konzentration und das Netzmittel nicht bekannt waren.

Die bei den Versuchen ermittelten Einzelwerte sind in den Tabellen des Anhangs aufgeführt. Bei allen Substanzen wurde die gebildete Schaummenge $SH-W_1$ und die verbrauchte Wassermenge W_1-W_2 angegeben. Diese beiden Größen sind in den folgenden graphischen Darstellungen in ihrer Beziehung zueinander und zu der Konzentration dargestellt, und zwar ebenfalls nur als Durchschnittswerte. Zur besseren Erläuterung ist auch je eine Zeichnung mit Einzelwerten beigefügt. Die gesamte Darstellung der Einzelwerte befindet sich im Anhang. Es folgen zunächst die Detergentien, Pasten und Handelszahnpasten in der Darstellung der Abhängigkeit der Schaum- von den Wasserwerten. Um die Zeichnungen übersichtlicher zu gestalten, wurden die Substanzen in unterschiedlichen Maßstäben für kleine, mittlere und große Schaumkraft aufgezeigt. Sodann wird einzeln für den Schaumwert und den Wasserwert die Abhängigkeit von der Konzentration bei allen Detergentien und allen Standardpasten gezeigt. Dies sind ebenfalls nur Durchschnittswerte, denen eine Zeichnung mit den Einzelwerten beigefügt ist.

Durchschnittswerte der 13 Detergentien (in ml)

A. 0,000125 %	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
1. Ascorbylpalmitat	0	0
2. Lathanol LAL	0	0
3. Saccharoselaurat	0	0
4. Lamepon	0	0
5. Sarcosyl NL	0	0
6. Texapon Z	0	0
7. Elfanol R1	0	0
8. Hostapon KA	0	0
9. Hostapon KTW neu	0	0
10. Türkischrotöl	0	0
11. Steinapol SBFA	0	0
12. Pasta X	0	0
13. Seife H	0	0
B. 0,00125 %	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
1. Ascorbylpalmitat	0	0
2. Lathanol LAL	35	3,8
3. Saccharoselaurat	52	5,2
4. Lamepon	17	2,2
5. Sarcosyl NL	0	0
6. Texapon Z	35	2,2
7. Elfanol R1	0	0
8. Hostapon KA	23	3,6
9. Hostapon KTW neu	32	4,6
10. Türkischrotöl	0	0
11. Steinapol SBFA	23	5,6
12. Pasta X	32	6,2
13. Seife H	0	0

C. 0,0125 %	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
1. Ascorbylpalmitat	1,4	0
2. Lathanol LAL	257	13,8
3. Saccharoselaurat	152	8,2
4. Lamepon	109	7,8
5. Sarcosyl NL	18	0
6. Texapon Z	279	9,2
7. Elfanol R1	36	5,4
8. Hostapon KA	127	8,2
9. Hostapon KTW neu	196	12,4
10. Türkischrotöl	0	0
11. Steinapol SBFA	151	13,8
12. Pasta X	150	11
13. Seife H	0	0

D. 0,125 %	SH-W ₁	W ₁ -W ₂	
1. Ascorbylpalmitat	6,8	0	
2. Lathanol LAL	1075	61	+
3. Saccharoselaurat	351	12,6	
4. Lamepon	296	28	
5. Sarcosyl NL	261	13	
6. Texapon Z	1075	26,4	+
7. Elfanol R1	156	15,2	
8. Hostapon KA	368	21	
9. Hostapon KTW neu	776	34	+
10. Türkischrotöl	14	4	
11. Steinapol SBFA	526	64	+
12. Pasta X	381	13,4	
13. Seife H	255	26,6	

*) 1275 ml Kolben

Durchschnittswerte der 13 Standardpasten (in ml)

A. 0,05 % $\neq$ 0,00125 % Detergens	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
1. Ascorbylpalmitat	0	0
2. Lathanol LAL	72	4,2
3. Saccharoselaurat	17	3
4. Lamepon	12,2	5
5. Sarcosyl NL	0	0
6. Texapon Z	38	3,2
7. Elfanol R1	6,6	4,2
8. Hostapon KA	30	5,8
9. Hostapon KTW neu	0	0
10. Türkischrotöl	0	0
11. Steinapol SBFA	51	3
12. Pasta X	94	5,6
13. Seife H	0	0

B. 0,5 % = 0,0125 % Detergens	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
1. Ascorbylpalmitat	4	1,6
2. Lathanol LAL	188	11,8
3. Saccharoselaurat	69	6,2
4. Lamepon	60	4,4
5. Sarcosyl NL	0	0
6. Texapon Z	124	12,6
7. Elfanol R1	112	11,8
8. Hostapon KA	126	9
9. Hostapon KTW neu	0	0
10. Türkischrotöl	11	3,6
11. Steinapol SBFA	91	5,4
12. Pasta X	202	11
13. Seife H	0	0

Durchschnittswerte der 28 Handelszahnpasten (in ml)

	SH-W ₁	W ₁ -W ₂	
1. Blendax blau	122	10,4	
2. Blendax grün	935	47	+
3. Blendax rot	728	63	+
4. Blendi	153	13,6	
5. Goldax	788	36,5	+
6. Blend-a-med	109	8,2	
7. Pepsodent	179	24,2	
8. Colgate	0	0	
9. Super-Colgate	64	7	
10. Eurodont	416	19,6	
11. Signal	295	26,8	
12. Biox Ultra	892	49	+
13. Chlorodont	15	2	
14. Supradont	331	26,8	
15. Friscodent	8	0	
16. Odob	73	17	
17. Aronal	0	0	
18. Vademecum	132	11,6	
19. Denicotin	233	18	
20. Emoform	580	56	+
21. Teelak	35	4,4	
22. Elmex	58	3,6	
23. Binaca	254	22,8	
24. Kolynos	319	24	
25. Myrtadont	349	24	
26. Ajona	1075	53	+
27. Lacalut	153	32	
28. Parodontax	74	7,6	

+) 1275 ml Kolben

Graphische Darstellung der Befunde

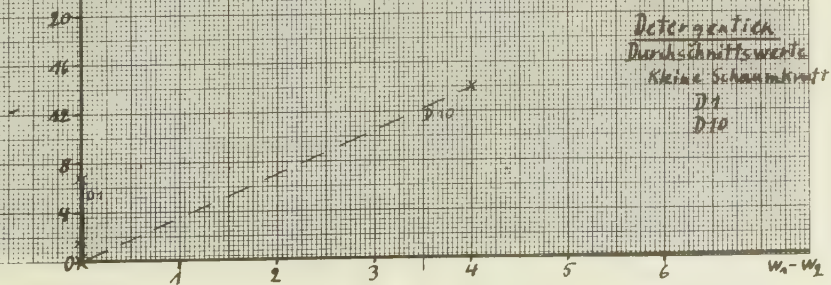
	Seite
A. Abhängigkeit $SH-W_1$ — W_1-W_2	
(ohne Berücksichtigung der Konzentration)	
1. Durchschnittswerte Detergentien	
a) kleine Schaumkraft	22
b) mittlere Schaumkraft	23
c) große Schaumkraft	24
2. Durchschnittswerte Standardpasten	
a) kleine Schaumkraft	25
b) mittlere Schaumkraft	26
c) große Schaumkraft	27
3. Einzelwerte (Beispiel)	
Detergens 8, Standardpaste 8	28
4. Durchschnittswerte Handelszahnpasten	
a) kleine Schaumkraft	29
b) mittlere Schaumkraft	30
c) große Schaumkraft	31
B. Abhängigkeit zur Konzentration	
1. Durchschnittswerte Detergentien	
a) $SH-W_1$ — %	32
b) W_1-W_2 — %	33
2. Einzelwerte Detergentien (Beispiel)	
$SH-W_1$ — % Detergens 8	34
W_1-W_2 — %	
3. Durchschnittswerte Standardpasten	
a) $SH-W_1$ — %	35
b) W_1-W_2 — %	36
4. Einzelwerte Standardpasten (Beispiel)	
$SH-W_1$ — % Paste 8	37
W_1-W_2 — %	

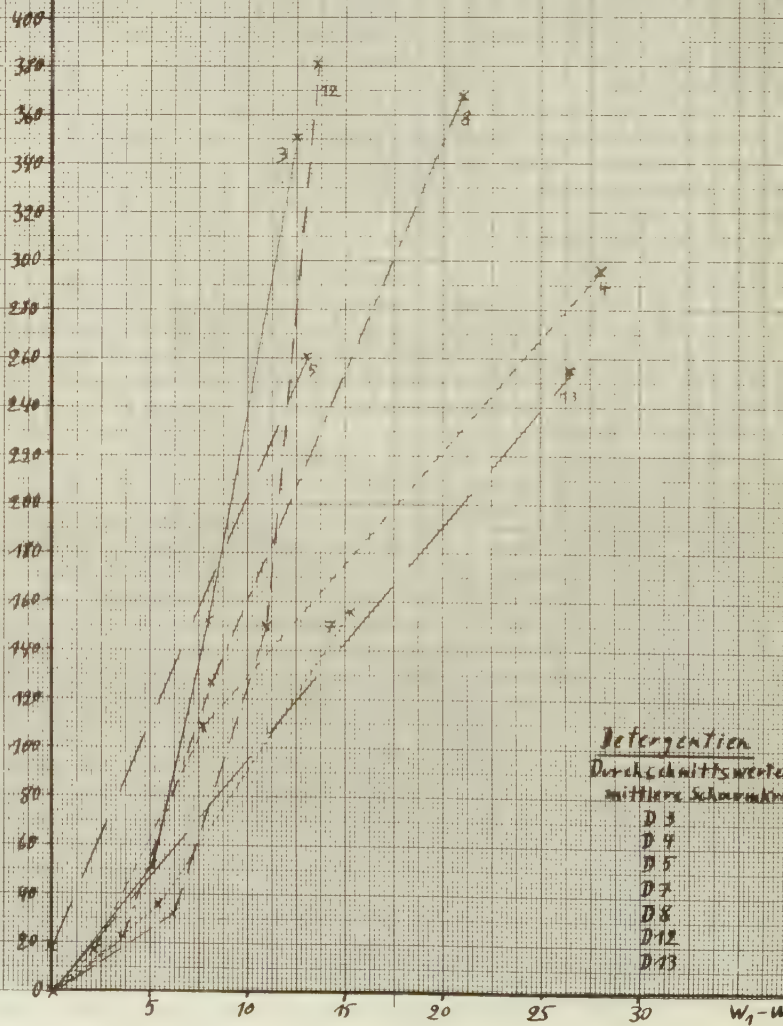
D1 = Detergens 1 (Ascorbylpalmitat)

P1 = Standardpaste 1 (Ascorbylpalmitat)

St-W₁

- 22 -





541-W₁

1080

1040

1000

960

920

880

840

800

760

720

680

640

600

560

520

480

440

400

360

320

280

240

200

160

120

80

40

0

- 24 -

r_{12}

2

x

11

Detegentien

Durchschnittswerte

große schwachkraft

D2

D6

D8

D11

W₁-W₂

SH-W₁

- 25 -

25

20

15

10

5

0

Standardparten

Durchschnittswerte

kleine Schammkraft

P1

P3

P4

P10

P13

5/9/13

20

1

2

3

W₁

100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

1

2

3

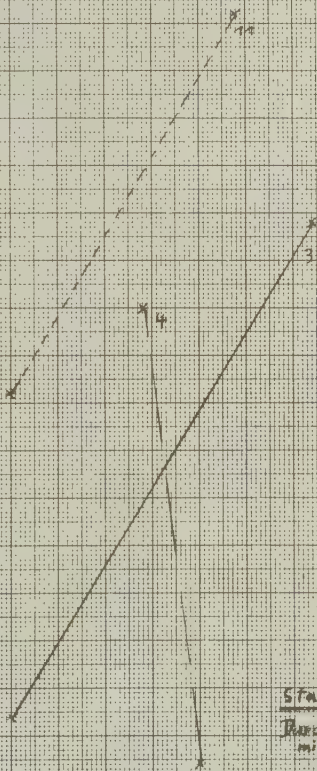
4

5

6

7

W₁-W₂



Stärken und Positionen

Durchschnittswerte
mittlere Schwachkraft

P3

P4

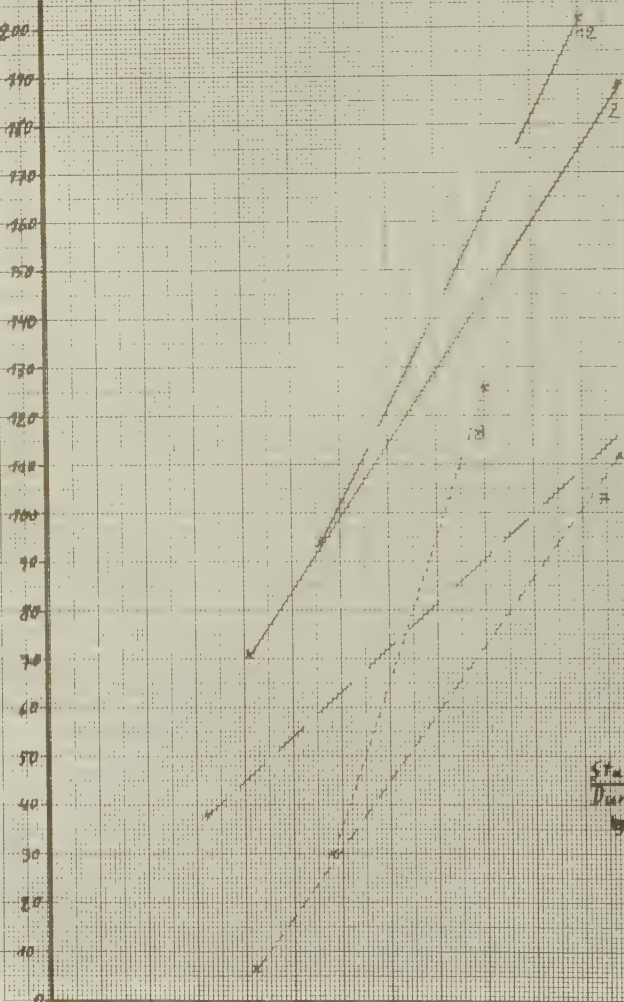
P11

210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 w₁

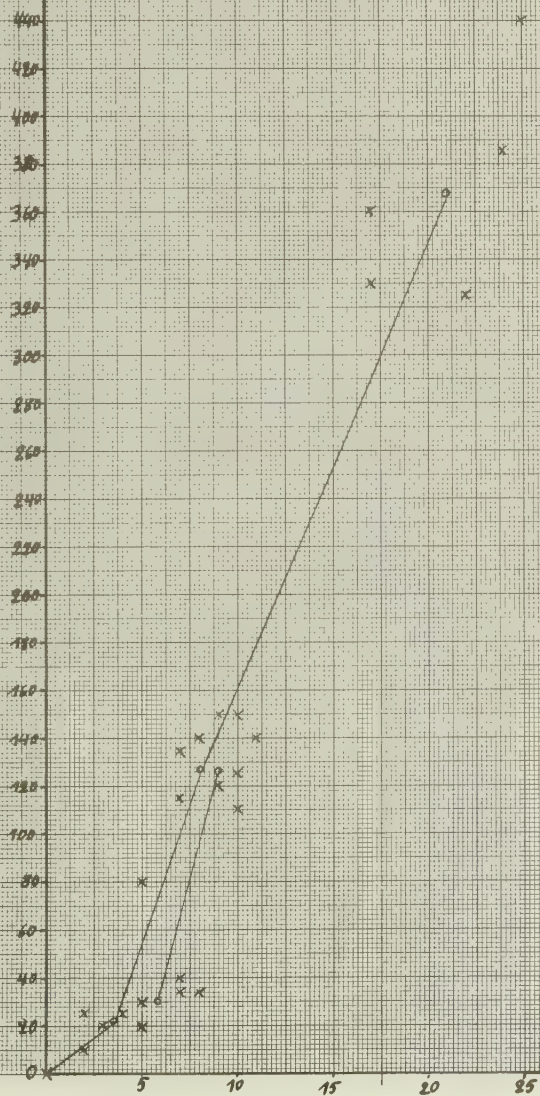
Standardparabeln
Durchschnittswerte
größte Schwankung

P 2
P 6
P 7
P 8
P 12



SH-W₂

- 20 -



Einzelwerte Baup

B. Huchman KA

DB

PB

54-84

- 29 -

Durchschnittswerte
 Handelswaren
 kleine Schornsteine
 8 Colgate
 13 Chlorodont
 15 Frisodont
 17 Apple
 21 Igel

40
 36
 32
 28
 24
 20
 16
 12
 8
 4
 0

817

x 17

x 27

$w_1 - w_2$

SN-W₁Durchschnittswerte
Handelszahn pasten

mit Härte Schmelzkraft

420

400

380

360

340

320

300

280

260

240

220

200

180

160

140

120

100

80

60

40

20

0

30

X 10

X 25

X 14

X 17

X 13

X 23

X 19

X 7

X 4

X 12 1/2

X 13

X 1

X 6

X 25

X 9

X 20

X 14

W₁-W₂

SH-W₀

1080

1040

1000

960

920

880

840

800

760

720

680

640

600

560

520

480

440

400

360

320

280

240

200

160

120

80

40

0

- 31 -

x20

Durchschnittswerte
Handelszahnreihen

große Schmelz-Kiefer

2 Blaudax grün

3 Blaudax rot

5 Goldax

12 Biot Ultra

20 Emuform

26 Ajona

x7

x22

x5

x3

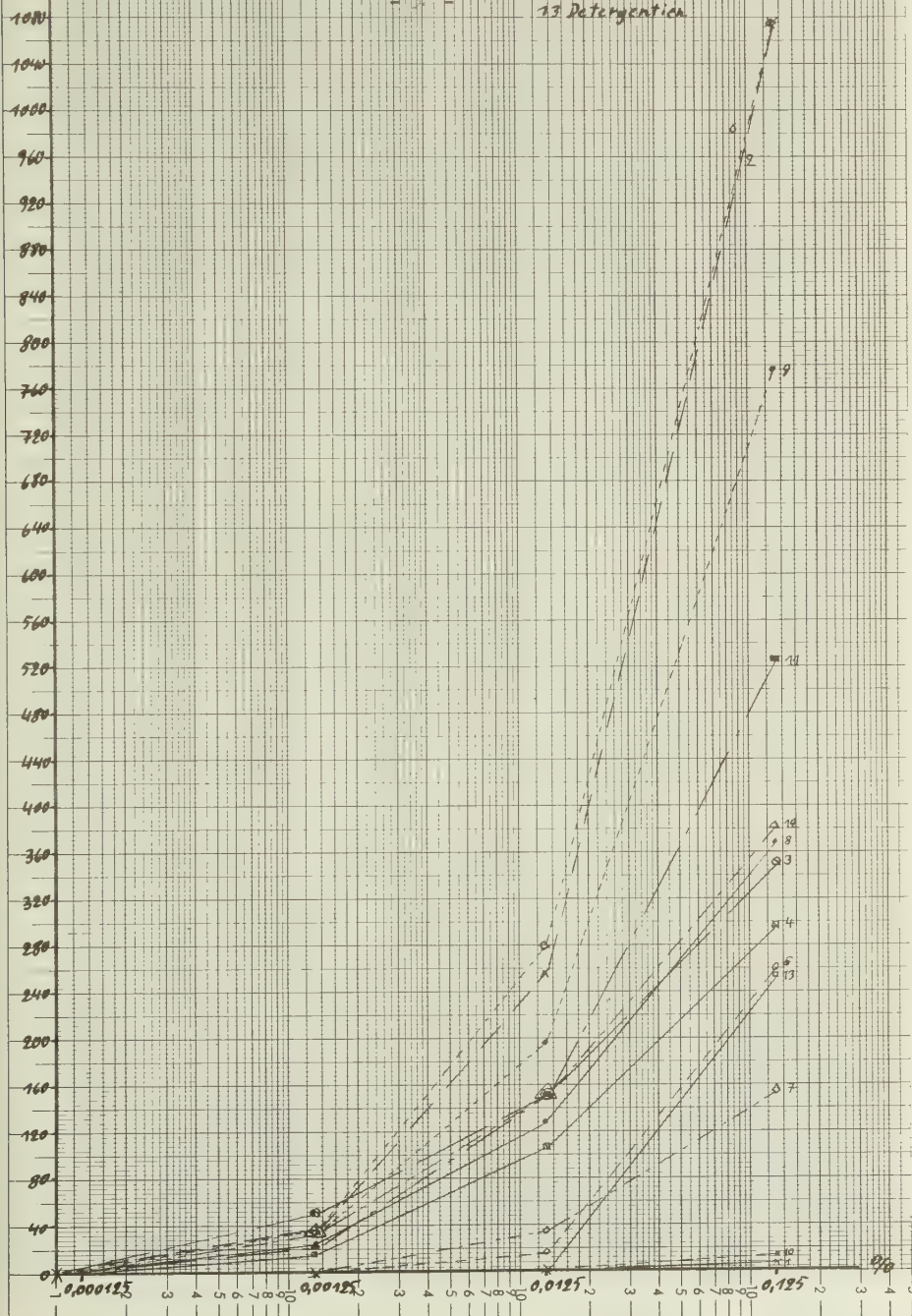
x20

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 W₁-W₂

S.H. - W₁

- 130 -

Durchschnitts werte
13 Detergentien



$\eta_f - \eta_a$

- 33 -

Durchschnittswerte
13 Datengängen

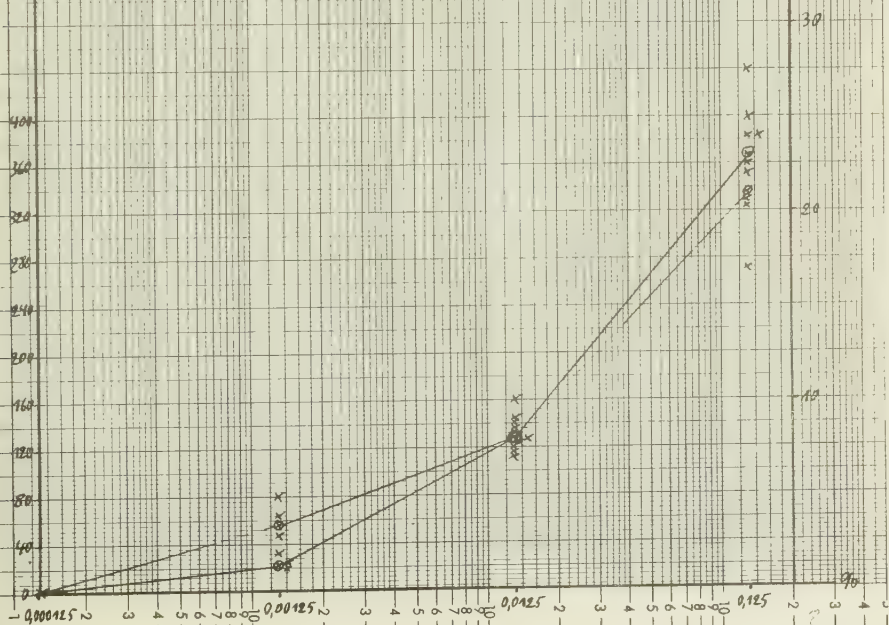


SH- W₂

Einzelwerte Beisp.

8. Hostenpon K.A.
28

W₂- W₂



SH-W₁

→ 52 →

Durchschnittswerte
13 Standardproben

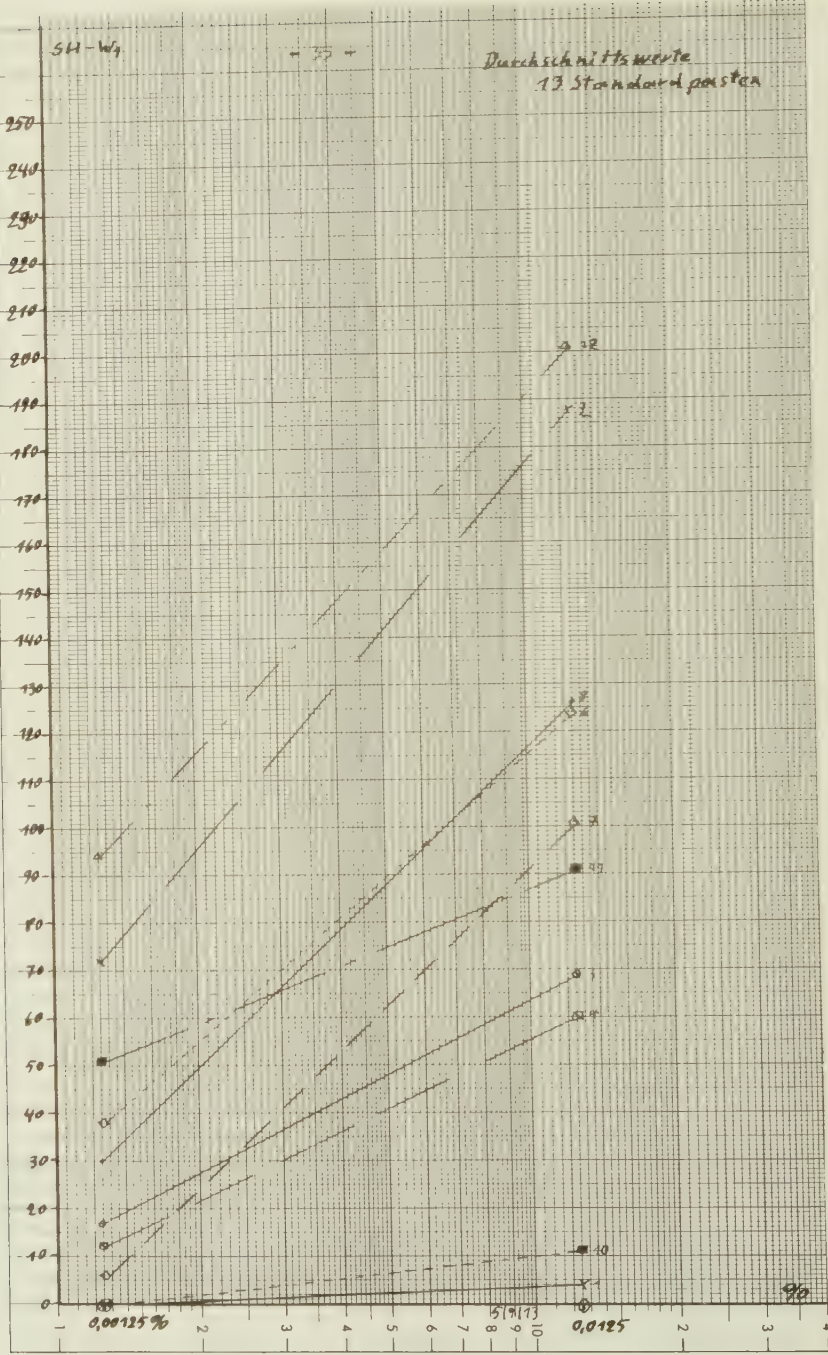
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

0,00125 %

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

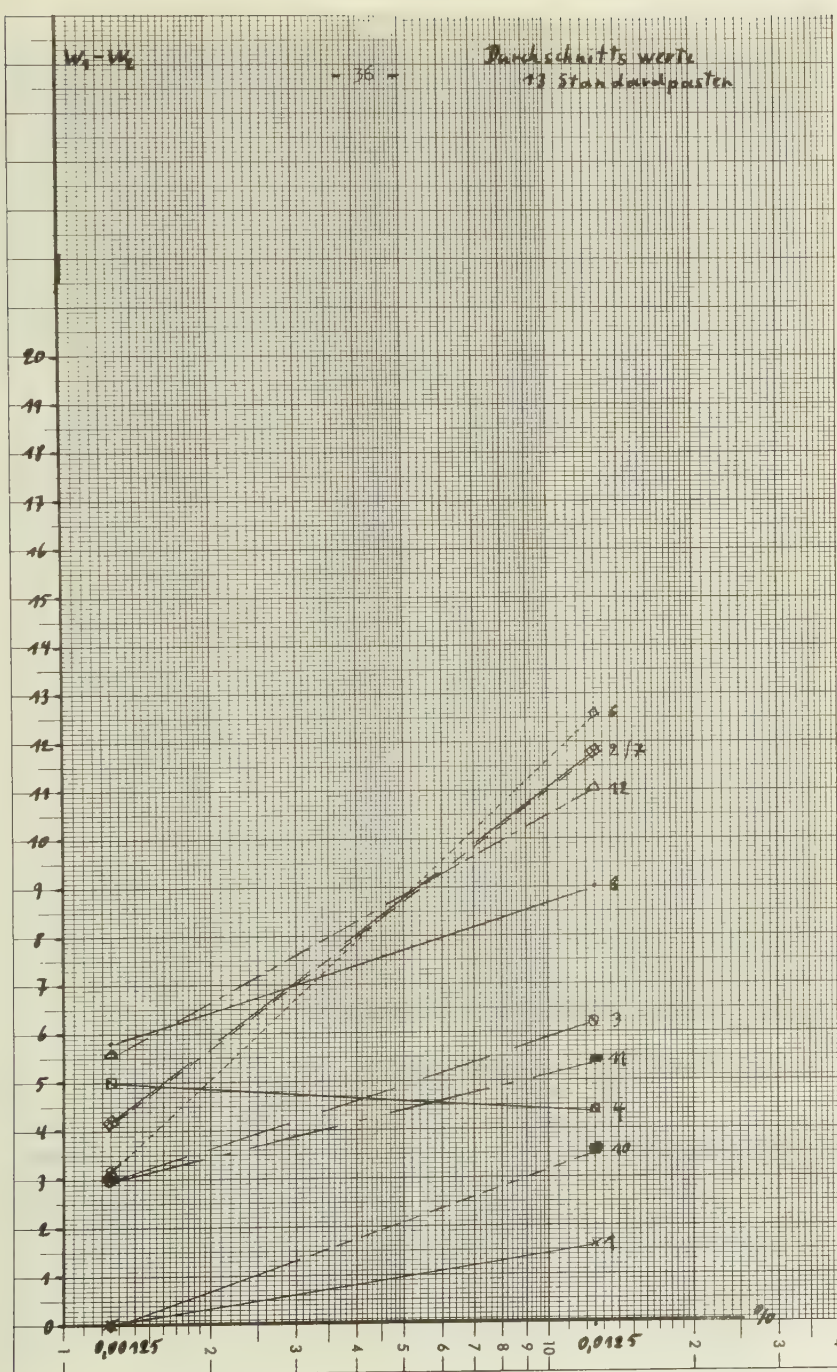
0,0125 %

90



$W_1 - W_2$

- 56 -

Durchschnitts werte
13 Standardpasten

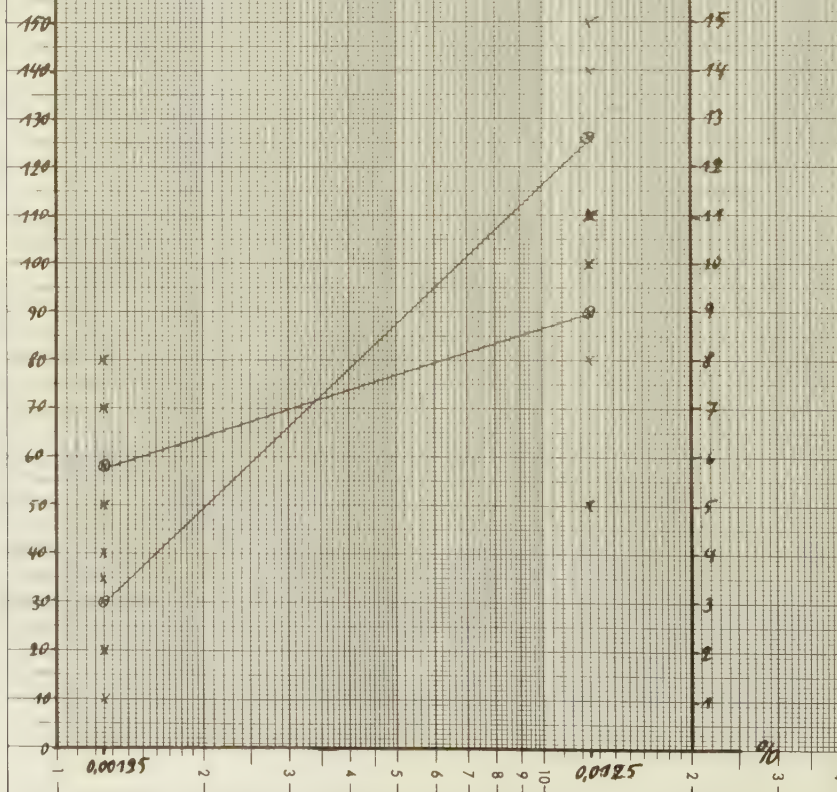
St-W₁

- 37 -

Einzelwerte Beisp.

W₁-W₂

8. Haslapan KA
P8



Statistische Methode

Als Ausgangspunkt für die statistischen Vergleiche zwischen Detergens in Reinsubstanz und Pastenform und den Detergentien und Pasten sowie Handelszahnpasten untereinander dienten die 5 ermittelten Schaumvolumina ($SH-W_1$) bzw. Wasservolumina (W_1-W_2). Die statistischen Vergleiche dienten der Prüfung, ob die gebildeten Schaummengen bzw. die verbrauchten Wassermengen bei den verschiedenen Detergentien in gleicher Konzentration sich stärker, als man es zufällig bei Berücksichtigung der Versuchsstreuung erwarten kann, unterscheiden. Ferner dienten sie zur Untersuchung der Frage, ob zwischen den Detergentien in Pastenform und Reinsubstanz signifikante Unterschiede auftreten.

Es wurden für den Vergleich von a) 13 Detergentien untereinander in jeweils 4 Konzentrationen, b) 13 Pasten untereinander in jeweils 2 Konzentrationen, c) 28 Handelszahnpasten untereinander für jede Konzentration der Rangtest nach Kruskal und Wallis (Pfanzagl, J. 1962) und für den gleichzeitigen Vergleich von einer Reinsubstanz und einer Paste in jeweils 2 Konzentrationen der Rangtest nach Mann-Whitney (Lienert, G. 1962) ausgeführt. Diese Rangteste sind an keinerlei Voraussetzung z.B. bezüglich der Verteilung der Ausgangswerte gebunden. Durch die gleichzeitige Prüfung mehrerer Gruppen mittels eines geeigneten Testes vermeidet man , daß durch häufige Wiederholung von Einzelvergleichen zwischen je 2 Gruppen zufällig (gewissermaßen im Rahmen der Irrtumswahrscheinlichkeit) signifikante Resultate auftreten. Auf die Begriffe "signifikant" und "Irrtumswahrscheinlichkeit" wird unten noch zurückzukommen sein.

Ein solcher Test für die gleichzeitige Prüfung mehrerer Gruppen besagt bei positivem Ausfall, d.h. bei einem signifikanten Ergebnis, nur, daß irgendwo zwischen den Gruppen Unterschiede vorhanden sind. An welcher Stelle sie aber liegen, kann man aus ihm nicht zwingend entnehmen.

Da sich das Prinzip des Rangtestes am Mann-Whitney-Test leichter erklären läßt, soll mit seiner Darstellung an Hand eines Beispiels begonnen werden.

Beispiel: Beim Vergleich der Schaumvolumina eines Detergens in Reinsubstanz und in Pastenform ergaben sich folgende Werte:

2. Lathanol LAL 0,0125 % Lösung, SH-W₁

Detergens		Faste	
Wert	Rang	Wert	Rang
		170	1
		175	2
		180	3
		205	4
210	5,5	210	5,5
260	7,5		
260	7,5		
270	9		
295	10		
T = 39,5			

Den Einzelwerten beider Gruppen werden Rangnummern zugeweiht, und zwar dergestalt, daß der kleinste Wert die Nummer 1, der zweitkleinste die Nummer 2, der drittkleinste die Nummer 3 usw. und der größte die letzte Nummer erhält. Sind mehrere Werte gleichgroß, dann wird an sie gleichmäßig der Mittelwert ihrer Anordnungszahlen vergeben. Die Numerisierung erfolgt ohne Rücksicht darauf, ob der Wert in der Gruppe des Detergens oder der Paste steht. Aus den Rangnummern der größeren Gruppe wird die Summe T gebildet. Da in unserem Fall beide Gruppen gleich groß sind, wurde T für die Gruppe mit den größeren Werten berechnet.

Das Wesen der weiteren statistischen Prüfung kann man sich folgendermaßen veranschaulichen. Wenn man wie im Beispiel aus einer Reihe von 10 Rangnummern (5 Rangnummern der Reinsubstanz und 5 Rangnummern der Paste) sehr oft 5 Rangnummern zufällig entnehmen und die Summe dieser zufällig entnommenen Rangnummern bilden würde, dann würden, kombinatorisch bedingt, bestimmte Rangsummen oft, andere selten, wieder andere sehr selten auftreten. Man prüft, ob die vorliegende Rangsumme zu den selten auftretenden Summen gehört. Wenn dies der Fall ist, wird die Hypothese zufälliger Entnahme abgelehnt. Als 'selten' bezeichnen wir hier das Auftreten in höchstens 1 % einer großen Zahl von Versuchen. 1 % ist damit die Irrtumswahrscheinlichkeit (P), d.h. in 1 % verwerfen wir die Zufallshypothese, obwohl sie zutrifft. Bei Vorliegen einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 1 % betrachten wir eine Differenz als signifikant. Wenn z.B. viele Werte des Detergens im Vergleich zu denen der Paste groß sind, dann erhalten sie große Rangnummern, die Rangsumme T wird dann groß ausfallen. Weicht die Rangsumme so stark von der Erwartung (Durchschnittswert der

Rangsummen bei zufälliger Entnahme) ab, daß eine Abweichung nach unten oder oben zufällig nur in höchstens 1 % vorkommt, wird die Zufallshypothese abgelehnt.

Im einzelnen gingen wir so vor: Der nach der Zufallshypothese zu erwartende Wert für die Nummernsumme der Detergensgruppe lautet:

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_2+1)}{2} - T$$

n_1 = Zahl der Fälle in der 1. Gruppe

n_2 = Zahl der Fälle in der 2. Gruppe

T = Rangsumme der zahlenmäßig größeren Gruppe

hier: Rangsumme der wertmäßig größeren Gruppe

Die Irrtumswahrscheinlichkeit P für jede Gruppe zu 5 Werten kann aus einer Tabelle (Owen, D.B. 1962) entnommen werden:

$U = 0$	$P = 0,4 \%$
$U = 1$	$P = 0,8 \%$
$U = 2$	$P = 1,6 \%$
$U = 3$	$P = 2,8 \%$

Der Rangtest nach Kruskal und Wallis baut auf dem gleichen Prinzip auf. Die Rangnummern werden hier jedoch an mehr als 2 Gruppen gleichzeitig vergeben. Die Testgröße wird berechnet nach

$$T = \frac{12}{n(n+1)} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

k = Zahl der Gruppen

n_i = Zahl der Fälle in der Gruppe i

n = Zahl der Fälle insgesamt

R_i = Rangsumme der Gruppe i

Für die Größe T kann man praktisch für alle n eine χ^2 -Verteilung annehmen mit k-1 Freiheitsgraden.

Die Meßergebnisse wurden graphisch dargestellt als

1. Einzelwerte
2. Durchschnittswerte

Diese Durchschnittswerte dienen nur als Veranschaulichung, ohne daß mit ihnen statistische Tests ausgeführt wurden.

Irrtumswahrscheinlichkeit (P)

bei dem Vergleich der Substanzen untereinander nach dem

Kruskal-Wallis-Test

T P

A. 13 Detergentien

0,00125 %	SH-W ₁	650ml Kolben	54,9	< 1 %
	W ₁ -W ₂	650ml Kolben	55,6	< 1 %
0,0125 %	SH-W ₁	650ml Kolben	62,3	< 1 %
	W ₁ -W ₂	650ml Kolben	58,7	< 1 %
0,125 %	SH-W ₁	650ml Kolben	41,8	< 1 %
	W ₁ -W ₂	650ml Kolben	40,0	< 1 %
	SH-W ₁	1275ml Kolben	16,0	> 1 %
	W ₁ -W ₂	1275ml Kolben	16,0	> 1 %

B. 13 Standardpasten

0,05 %	SH-W ₁	650ml Kolben	58,7	< 1 %
	W ₁ -W ₂	650ml Kolben	50,3	< 1 %
0,5 %	SH-W ₁	650ml Kolben	59,1	< 1 %
	W ₁ -W ₂	650ml Kolben	55,7	< 1 %

C. 28 Handelszahnpasten

	SH-W ₁	650ml Kolben	106,1	< 1 %
	W ₁ -W ₂	650ml Kolben	99,0	< 1 %
	SH-W ₁	1275ml Kolben	25,3	> 1 %
	W ₁ -W ₂	1275ml Kolben	20,5	> 1 %

Irrtumswahrscheinlichkeit (P)

bei dem Vergleich Detergens- Paste nach dem Mann-Whitney-Test

Detergens 0,00125 % Paste 0,05 %					Detergens 0,0125 % Paste 0,5 %				
SH-W ₁			W ₁ -W ₂		SH-W ₁			W ₁ -W ₂	
Nr ⁺	U	P	U	P	U	P	U	P	
1	-	-	-	-	1	< 1 %	2,5	> 1 %	
2	0	< 1 %	11	> 1 %	0,5	< 1 %	10	> 1 %	
3	0	< 1 %	2,5	> 1 %	0	< 1 %	2,5	> 1 %	
4	5,5	> 1 %	1	< 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	
5	-	-	-	-	0	< 1 %	-	-	
6	10,5	> 1 %	8	> 1 %	0	< 1 %	5	> 1 %	
7	0	< 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	
8	5	> 1 %	5	> 1 %	10,5	> 1 %	7,5	> 1 %	
9	0	< 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	
10	-	-	-	-	0	< 1 %	0	< 1 %	
11	0	< 1 %	1,5	< 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	
12	0	< 1 %	9	> 1 %	0	< 1 %	0	< 1 %	
13	-	-	-	-	-	-	-	-	

⁺) Nummer der Substanz

Diskussion der Befunde

Wie schon aus der graphischen Darstellung der Befunde ersichtlich ist, ergaben alle untersuchten Detergentien und Pasten sowohl in ihrer Schaumentwicklung als auch in ihrem Wasserverbrauch bei gleicher Konzentration erhebliche Unterschiede, die auch statistisch gesichert werden konnten. Eine Ausnahme bildete hierbei die Konzentration der Reinsubstanz von 0,000125 %, in welcher bei keinem Detergens eine Schaumbildung zu verzeichnen war. Ebenso konnten signifikante Unterschiede bei den stark schäumenden Substanzen in der Konzentration von 0,125 % und bei den Handelspasten, die beide in dem 1275 ml Kolben geschüttelt wurden, nicht festgestellt werden. Die Ursache liegt darin, daß durch die Größe des Gefäßes der Schaumentwicklung eine Grenze gesetzt wurde und die Detergentien 2 und 6 sowie die Handelszahnpaste 26 bei Anwendung eines größeren Kolbens wahrscheinlich noch mehr Schaum entwickelt hätten. Das hätte jedoch eine größere Ungenauigkeit bei den anderen Substanzen zur Folge gehabt, da die Ablesegenauigkeit geringer gewesen wäre und durch die Unhandlichkeit des Kolbens die Schüttelbewegungen nicht mehr gleichmäßig hätten ausgeführt werden können.

Bei dem Vergleich der Pasten mit den Detergentien zeigten die einzelnen Substanzen in den verschiedenen Konzentrationen, in der Schaumbildung und im Wasserverbrauch unterschiedliches Verhalten. In den meisten Fällen waren die Unterschiede zwischen Detergens und Standardpaste signifikant. Lediglich das Detergens 8 zeigte im Verlauf seiner Kurve einen sehr geringen Unterschied zwischen der Reinsubstanz und der Paste. Bei den anderen Substanzen

wirkten sich die Zusätze in der Paste mehr oder weniger stark auf den Wasserverbrauch und die Schaumbildung aus; eine generelle Aussage kann aber nicht gemacht werden, da das Verhalten in verschiedenen Konzentrationen bei den beiden gemessenen Größen unterschiedlich ist. Zudem muß berücksichtigt werden, daß evtl. noch andere Faktoren bei der Schaumbildung eine Rolle spielen wie z.B. der Luftdruck. Diese können aber wegen der zeitlichen Differenz zwischen den einzelnen Untersuchungen nicht berücksichtigt werden.

Aus dem unterschiedlichen Verhalten der Schaum- und Wasserverwerte ergab sich noch eine andere Vermutung. Man könnte von einem Detergens mit wenig Schaumentwicklung und großem Wasserverbrauch erwarten, daß die Qualität des Schaumes eine andere sei als die eines Detergens mit viel Schaumbildung und wenig Wasserverbrauch. Da die Oberfläche einer Schaumblase von der Lösung gebildet wird und mit der Größe der Blasen ihre Zahl und somit ihre Gesamtoberfläche verringert wird bzw. bei kleinen Blasen ihre Anzahl und die Gesamtoberfläche größer werden, würde man im ersten Fall einen feinblasigen Schaum, im letzteren Fall einen großblasigen Schaum erwarten.

Um dies festzustellen, wurden nachträglich noch einmal Lösungen der Reinsubstanz und Pasten in der Konzentration von 0,0125 % bzw. 0,5 % angefertigt und ihr Schaum fotografiert. Dabei konnte obige Hypothese nicht bestätigt werden, da die Blasengröße sich nicht proportional zum Wasserverbrauch verhält. Auf Seite 47 / 48 sind die Reinsubstanzen 6 und 12 sowie die Standardpasten 7 und 2 zur Veranschaulichung dargestellt.



Abb. 3 Detergens 6 (Texapon Z)
 $SH-W_1 = 279$, $W_1-W_2 = 9,2$
feinblasiger Schaum

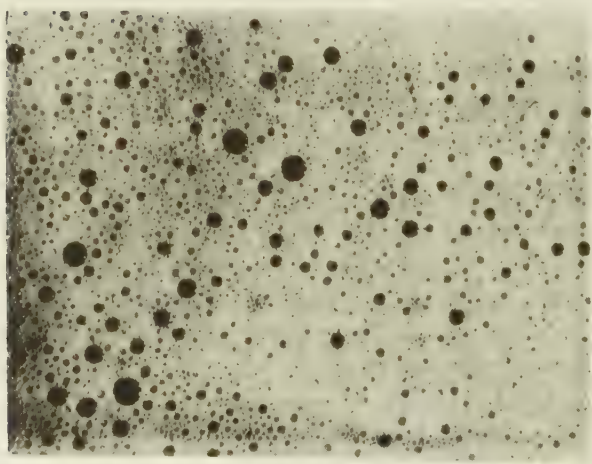


Abb. 4 Detergens 12 (Pasta X)
 $SH-W_1 = 150$, $W_1-W_2 = 11$
großblasiger Schaum

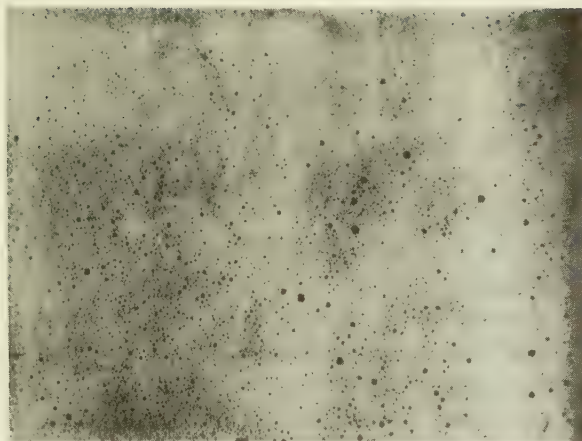


Abb. 5 Standardpaste 7 (Elfanol R1)
 $SH-W_1 = 112$, $W_1-W_2 = 11,8$
feinblasiger Schaum

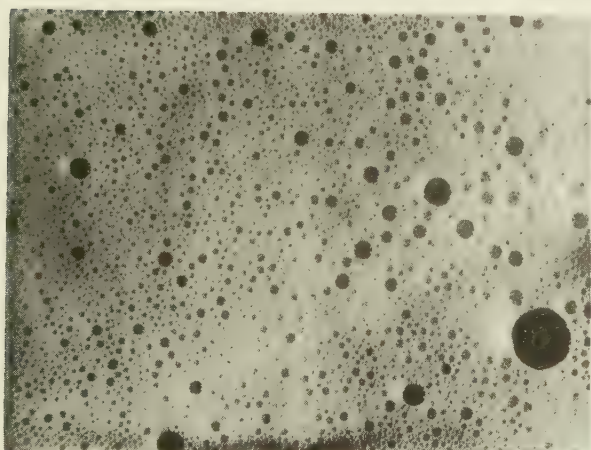


Abb. 6 Standardpaste 2 (Lathanol LAL)
 $SH-W_1 = 188$, $W_1-W_2 = 11,8$
großblasiger Schaum

Zusammenfassung

Zur Untersuchung der Waschkraft von grenzflächenaktiven Stoffen wurde nach einer einfachen Methode durch Schütteln in einem verschließbaren Meßkolben die Schaumkraft von 13 Detergentien in Reinsubstanz (4 Konzentrationen) und in Standardpasten verarbeitet (2 Konzentrationen) sowie von 28 schäumenden Zahnpasten des Handels bestimmt. Die Schaumbildung wurde durch graphische Darstellungen in Beziehung gesetzt zu dem beobachteten Wasserverbrauch, der durch die Erzeugung des Schaumes entsteht, und eine Abhängigkeit zwischen Wasserverbrauch, Schaumbildung und Konzentration aufgezeigt. Konzentrationsabhängige signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Detergentien sowie zwischen den Pasten konnten nachgewiesen werden. Zudem wurde der Zusammenhang des Wasserverbrauchs mit der Blasengröße des Schaumes untersucht, ohne daß eine Proportionalität festgestellt werden konnte.

U N T E R S U C H U N G D E R W I R K U N G
V O N G R E N Z F L Ä C H E N A K T I V E N
S U B S T A N Z E N U N D Z A H N P A S T E N
A U F D A S Z A H N O B E R H Ä U T C H E N

Einleitung

Das Zahnoberhäutchen wurde 1839 zum ersten Male von Nasmyth beschrieben und hat seitdem zahlreiche Interessen zu Untersuchungen über seine Histogenese und Bedeutung veranlaßt. Es stellt die Fortsetzung der epithelialen Bedeckung des Körpers auf einem Organ mesenchymaler Herkunft dar und hat so ohne Zweifel eine Schutzfunktion für die Zähne zu erfüllen. Daher spielt es auch bei allen Theorien über die Kariesgenese eine Rolle. Seine Morphologie und Histogenese ist jedoch bei den einzelnen Autoren sehr umstritten, wie über die Begriffsbestimmung sehr verschiedene Ansichten vertreten werden. (Schüle, H. 1962)

Aufgrund seiner Untersuchungen ist H. Schüle (1962) hier zu einer Terminologie gekommen, die unter dem "deskriptiven Oberbegriff Schmelzoberhäutchen" drei verschiedene genetische Stadien umfaßt:

- " 1. Die Adamantoblastencuticula (A-Cu)
oder das primäre Schmelzoberhäutchen (PSOH)
- 2. Die Epithelcuticula (E-Cu)
oder das sekundäre Zahnoberhäutchen (SZOH)
- 3. Das exogene Zahnoberhäutchen (eZOH)
oder das tertiäre Zahnoberhäutchen (TZOH) "

Die Zähne sind in allen Funktionsperioden von einem Schmelzoberhäutchen bedeckt, das jedoch nicht mit Belägen und Zahnstein verwechselt werden darf. Das histogene Häutchen unterliegt der physiologischen Abrasion, kann sich aber an mechanisch geschützten Stellen unter aufgelagerten Deckschichten lange Zeit nach dem Durchbruch erhalten, jedoch ist eine Unterscheidung der drei genetischen Komponenten nicht sicher möglich.

Posteruptiv bildet sich an den Stellen, an denen es verloren ging, und sogar an Abrasionsflächen ein tertiäres Zahnoberhäutchen, das exogener Herkunft ist und sich morphologisch nicht von der A-Cu und E-Cu unterscheidet. An Defekten bildet es sich schon innerhalb von 14 Tagen neu, wahrscheinlich durch Verkalkung der globulären und flächenhaften Deckschichten, und ist nach 4 Monaten nicht mehr von dem normalen eZOH zu unterscheiden. (Schüle, H. 1962)

Die Dicke des Schmelzoberhäutchens nach dem Zahndurchbruch schwankt zwischen 3 und 15 ~~µ~~ uns ist "cervical und approximal meist dicker als lingual, buccal und occlusal". Bei der lichtmikroskopischen Untersuchung erweist es sich als strukturlos ebenso wie morphologisch keine Grenze zum organischen Gerüst des Schmelzes sichtbar wird. Die Verbindung mit den Schmelzlamellen ist so innig, daß auch bei erheblicher Krafteinwirkung kein Abriß an der Ansatzstelle erfolgt. (Schüle, H. 1962)

"Die Abrasionsfestigkeit steigt posteruptiv an" und erreicht diejenige des Schmelzes. Chemisch ist die A-Cu, die E-Cu und in etwas geringerem Maße auch das eZOH sehr widerstandsfähig gegen hydrolytische Spaltung im sauren wie im alkalischen Bereich. Das primäre Schmelzoberhäutchen und das tertiäre Zahnoberhäutchen übertreffen in dieser Eigenschaft noch die typischen Keratine, denn sie werden auch durch Reduktionsmittel nicht angreifbar für Säuren und Laugen. Wie die Keratine ist das SOH gegen enzymatische Einwirkung weitgehend resistent. Das A-Cu- und das E-Cu-Protein läßt sich aufgrund seiner Eigenschaften den Keratinen zuordnen, während dies beim eZOH-Protein wegen seiner AS-Zusammensetzung und der ungeklärten Abstammung nicht möglich ist. (Schüle, H. 1962)

Bedingt durch den keratoiden Aufbau des SOH liegt eine vergleichende Untersuchung zwischen der Hornschicht der Haut und dem SOH nahe in Bezug auf die Reaktion bei der Einwirkung von grenzflächenaktiven Substanzen. W.Blaich (1961) beschreibt eine "Ablösung der Hornschicht der Haut unter Spaltbildung nach Seifeneinwirkung". Er beobachtet eine "ähnliche aber viel intensiver ausgeprägte Veränderung nach der Einwirkung von Shampoo". Betreffs der Quellung der Haut stellt er durch Seifen eine viel stärkere Wirkung als durch Syndets fest, die jedoch hauptsächlich nur "die krankhaft veränderte und aufgelockerte Haut" betrifft. Mechanisch kann die Haut durch zugesetzte "abrasiv wirkende unlösliche Stoffe" und durch "ausgefällte Kalkseife" gereizt werden, nicht jedoch durch die reinen Detergentien.

E. Wannenmacher (1961) hält das eZOH für "mechanisch sehr resistent", da es sich "durch einfaches, selbst minutenlanges Bürsten oder durch Pasten ohne besondere Zusätze nur schwer entfernen" läßt. Es soll aber "durch die Einwirkung von Säuren und Fermenten quellen und durch den Kauakt abgerieben werden". Ebenso "kann ein Abrieb durch schleifende Bestandteile der Zahnpasten bei chronischer Anwendung durch Steigerung sichtbare Defekte an den Zähnen erzeugen".

Eine Parallele zwischen SOH und Haut findet sich in der typischen Wirkungsweise der grenzflächenaktiven Stoffe. Sie haften nämlich "in bakteriostatisch-aktiver Form an organischen Materialien" in Abhängigkeit von der Konzentration und der Art der grenzflächenaktiven Substanz. So stellt T. Lammers (1961) z.B. eine stärkere Haftung von Texapon als von Hostapon KA fest. Durch Speichel wird diese Wirkung nur gering reduziert. W.Blaich (1961) be-

schreibt diese Eigenschaft als konzentrationsunabhängige Adsorption eines "dünnen monomolekularen Filmes" auf der Haut, der "die Benetzbarkeit der Haut durch die amphipathischen Moleküle" erhöhe, "beim Waschen aber nur unvollständig entfernt" werde. Seifen schreibt er keine desinfizierende Wirkung zu, wohingegen die kationischen und anionischen Gruppen der grenzflächenaktiven Substanzen eine fungicide und bactericide Wirkung auf die Haut ausübten.

T. Lammers (1961) stellt bei den grenzflächenaktiven Stoffen parallel zu "der wachstumshemmenden Kraft auf physiologische Mundkeime eine Entzündung empfindlicher Schleimhäute" fest. E. Wannenmacher (1961) bestätigt diese Zellschädigung, die selbst "bei 1 % Lösung der Netzmittel einen Zerfall und Schollenbildung" herbeiführt. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß "eine Schleimhaut mit Parakeratose und Keratose widerstandsfähiger und weniger durchlässig ist".

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte stehen noch Untersuchungen aus, inwieweit das SOH ein analoges Verhalten zu den beobachteten Schädigungen der Haut und der Schleimhäute aufgrund seines dem Epithel verwandten keratoiden Aufbaues zeigt. Dies soll in den folgenden Versuchen festgestellt werden.

Methodik

"Zur Abdrucknahme wurde die Replica-Methode von Wolf in der verbesserten Modifikation von Pantke angewandt." (vgl. die einschlägige Literatur Schüle, H. 1962). Als Abdruckmaterial diente eine Lösung von 4 % Kollodium und Essigsäure-isoamylester. Diese wurde zur Gewinnung von Abdruckstreifen in Petrischalen ausgegossen, von denen sie nach Verdunsten des Lösungsmittels mit destilliertem Wasser abgelöst werden konnte.

Untersucht wurde die labiale Fläche der oberen Frontzähne bei 34 Probanden im Alter von 12 bis 38 Jahren. Die unge-reinigten Zähne wurden vor der Abdrucknahme getrocknet und sodann ein Tropfen der Lösung aufgebracht. Auf diesen wurde die ebenfalls mit der Lösung benetzte Folie aufgebracht und mit dem Strahl des Lufthandstückes angedrückt, wodurch das Verdunsten des Lösungsmittels gleichzeitig beschleunigt wurde. Nach ca. 5 Minuten wurde die Folie mit einer Pinzette von dem Zahn abgezogen und mit Tesafilm zwischen Deckglas und Objektträger fixiert. Nach der Prüfung auf Brauchbarkeit des Abdruckes (es sind in der Regel 3-4 Abdrücke notwendig) wurde der Proband angewiesen, sich unter Aufsicht die zu untersuchende Zahngruppe 40 Sekunden lang mit einer Zahnbürste zu putzen. Die Zahnbürste wurde mit der flüssigen Substanz benetzt bzw. die Paste wurde in einem Strang von der Länge des Bürstenkopfes über diesen ausgedrückt. Nach Ausspülen des Mundes mit Wasser wurde ein zweiter Abdruck von dem Zahn angefertigt und mikroskopisch untersucht.

Zwei der Probanden, die eine regelmäßige Zahnpflege gewährleisten, erhielten die Auflage, ihre Zähne 8 Tage lang, der eine zweimal täglich, der andere dreimal täglich, je 2 Minuten mit der zu prüfenden Substanz zu putzen, wobei wie oben vor und nach dem Versuch ein Abdruck genommen wurde.

Es wurden folgende Untersuchungen angestellt:

- A. 8 Leerversuche, wobei die Zähne nur mit Wasser und Bürste geputzt wurden. (8 Probanden)
- B. 8 Putzversuche mit Detergentien in einer wässrigen Lösung der Reinsubstanz von 0,5 %, der als Geschmacks-korrigens 0,025 % Pfefferminzöl zugesetzt war.
(pro Substanz ein Proband) Die Detergentien waren:
- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. Sarcosyl NL | 5. Türkischrotöl |
| 2. Texapon Z | 6. Seife H |
| 3. Hostapon KA | 7. Lathanol LAL |
| 4. Hostapon KTW neu | 8. Steinapol SBFA |
- C. 8 Putzversuche mit den gleichen Detergentien in 5,0 % wässriger Lösung mit Zusatz von 0,25 % Pfefferminzöl als Geschmackskorrigens.(pro Substanz ein Proband)
- D. 8 Putzversuche mit Handelszahnpasten, die die betreffenden Detergentien 1-6 enthalten.(pro Paste ein Proband)
- | Paste | Netzmittel | Gewicht d. Pastenstranges |
|------------------|---------------|---------------------------|
| 1. Super-Colgate | Sarcosyl | 1,65 g |
| 2. Goldax | Texapon | 1,65 g |
| 3. Lacalut | Texapon | 1,5 g |
| 4. Signal | Texapon | 1,75 g |
| 5. Friscodent | Hostapon | 1,6 g |
| 6. Aronal | Türkischrotöl | 1,4 g |
| 7. Kolynos | Seife | 1,45 g |
| 8. Vademecum | Seife | 2,1 g |

E. Zwei Putzversuche mit einem Detergens in 5 %
wässriger Lösung mit Zusatz von 0,25 % Pfeffer-
minzöl während eines Zeitraumes von 8 Tagen.
(pro Substanz ein Proband)

- | | |
|------------------|-------------|
| 1. Türkischrotöl | 2 x täglich |
| 2. Texapon Z | 3 x täglich |

Die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Präparate wurden in einem Lichtmikroskop untersucht. Durch einen excentrisch gestellten Ring unter dem Kondensor, der zur Aufnahme eines blauen Filters dient, wurde das Licht der Mikroskoplampe abgelenkt und fiel schräg auf das Objekt. So wurde die reliefartige Struktur der Abdrücke plastisch sichtbar gemacht. In 240-facher Vergrößerung wurden die Präparate durch Aufsetzen einer Edixa-Reflex-Kamera auf das Mikroskop auf einem 'AGEPE'-Dokumentenfilm festgehalten.

Diskussion der Methodik

Die von Pantke ausgearbeitete Methode eignet sich ausgezeichnet für Oberflächenuntersuchungen an harten Körpern, sowohl für lichtmikroskopische als auch nach Palladiumbedampfung für elektronenmikroskopische Beobachtung.

(Schüle, H. 1962) Da das Auflösungsvermögen bei $0,5 \mu$ liegt (Eifinger, F. 1963) können kleinste Veränderungen in der Oberfläche registriert werden.

Die Replica-Technik mit Kollodium-Amylacetat als Abdruckmittel läßt sich am Phantom gut ausführen und zeigt sehr gute Ergebnisse. Bei der Anwendung in der Mundhöhle ergeben sich jedoch gewisse Schwierigkeiten, die sich nachteilig auf die Qualität der Abdrücke auswirken:

1. Die selbst hergestellte Folie ist nicht an allen Stellen gleichmäßig stark und schlierenfrei.
2. Die Trockenzeit ist sehr lang und muß bei intraoraler Anwendung durch Anblasen mit dem Lufthandstück verkürzt werden, wodurch in dem Abdruck leicht Luftbläschen eingeschlossen werden und die angelöste Folie Fältelungen bildet, die das Präparat unbrauchbar machen. Für den Probanden hat der Luftstrom eine unangenehme Austrocknung der Mundhöhle zur Folge.
3. Wenn vor dem Auspolymerisieren Feuchtigkeit an die Folie gelangt durch Speichel oder Atemluft, wird diese durch weißliches Anlaufen unbrauchbar.
4. Durch ihre anatomische Lage können nur die meist durch starke horizontale Bürstenbewegungen zerkratzten Frontzähne auf ihrer labialen Fläche untersucht werden. Die besser erhaltene Zahnoberfläche der Molaren besonders im Interdentalraum kann nicht zur Untersuchung herangezogen werden.

Die Ausbeute an guten und brauchbaren Präparaten ist unter Berücksichtigung dieser Schwierigkeiten und Fehlerquellen durch Artefakte sehr gering im Vergleich zu der vom Probanden und Untersucher aufgewendeten Zeit. Das inzwischen von F. Eifinger (1963) entwickelte Verfahren, das einige dieser Probleme durch eine neue Abdruckfolie beseitigt, lag bei Anfertigung dieser Arbeit noch nicht vor.

In unseren Untersuchungen war die benutzte Folie so dünn, daß die Abdrücke der leicht gekrümmten Zahnoberfläche unter dem Deckgläschen in eine Ebene zu bringen waren. Da es sich bei den untersuchten Objekten um vitale Zähne meist jugendlicher Patienten handelte, wurde eine Verletzung der Zahnoberfläche durch Markierungen mit einem Diamanten vermieden. So gestaltete sich die Betrachtung der beiden Abdrücke schwierig, da eine Orientierung nur an Schmelzspüringen und Kratzern möglich war.

Die Untersuchung sollte weitgehend unter physiologischen Bedingungen angestellt werden. Die Zähne wurden deshalb vor dem Putzversuchen nicht von Belägen gereinigt und dem oberflächlichen Speichelfilm befreit, sondern nur mit Warmluft getrocknet. Um die Art der häuslichen Zahnpflege zu reproduzieren, wurde der zu untersuchende Zahn 40 Sekunden geputzt, denn selbst bei intensivster Reinigung wird die Frontzahngruppe nicht länger gebürstet. Es blieb dabei jedem Probanden überlassen, ob er horizontale, vertikale oder rotierende Bürstenstriche bevorzugt. Da die Probanden unter Aufsicht die Putzversuche durchführen mußten, um eine ordnungsgemäße Ausführung der Anweisungen zu gewährleisten, konnten die Auswirkungen nur eines Putzvorganges registriert werden. Die Versuche, die sich über einen Zeitraum von 8 Tagen erstreckten, wurden bei zwei Probanden durchgeführt, die eine Gewähr für regelmäßige Zahnpflege boten.

Befunde

Die Reliefabdrücke der untersuchten Zahnoberfläche zeigten sehr unterschiedliche Strukturen. Selbst bei der jugendlichen Altersgruppe waren die wulstförmigen Perikymatien selten zu erkennen. Durch ausgedehnte flächenhafte Beläge wurde die wabenförmige Struktur der Schmelzprismen nur stellenweise sichtbar. Unter den untersuchten 34 Patienten war ein einziger, bei dem auf der gesamten Abdruckfläche das wabenförmige Randleistennetz mit den Prismenköpfen erkennbar war. Es handelte sich hierbei im Gegensatz zu den anderen Probanden um ein völlig kariesfreies Gebiß. Abbildung 7 zeigt diese Struktur in 960-facher Vergrößerung. Meist war die Zahnoberfläche von zahlreichen Ritzspuren überzogen, die aber keine einheitliche Richtung entsprechend den Bürstenbewegungen zeigten (Abb. 8, 9).

In allen Fällen konnte nach dem Putzvorgang keine wesentliche Veränderung zu dem vorher angefertigten Abdruck festgestellt werden. Es traten nur die stellenweise durch Auflagerungen verdeckten Ritzspuren und andere Oberflächenstrukturen besser und schärfer in Erscheinung, wenn die Zähne durch das Bürsten mechanisch gereinigt waren. Der Zusatz von Detergentien oder Zahnpaste wirkte sich aber nicht fördernd auf die Beseitigung der Auflagerungen aus.

Da diese Befunde in allen Fällen negativ in Bezug auf die Fragestellung waren, wurde auf eine statistische Auswertung verzichtet.

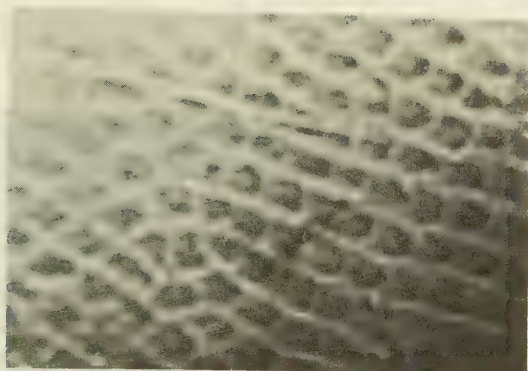


Abb. 7 1/ Randleistennetz V = 960x

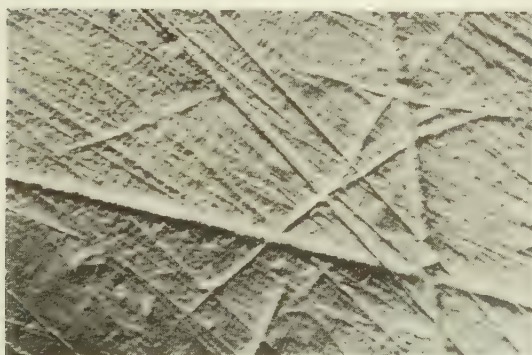


Abb. 8 1/ vor dem Putzen

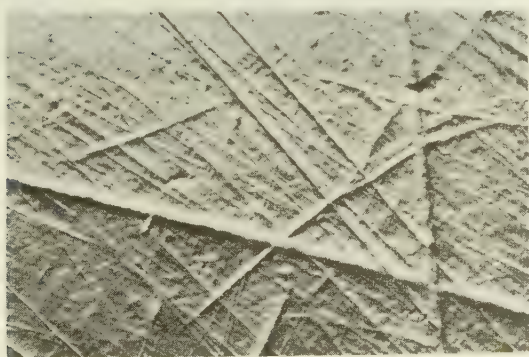


Abb. 9 1/ nach dem Putzen mit Wasser

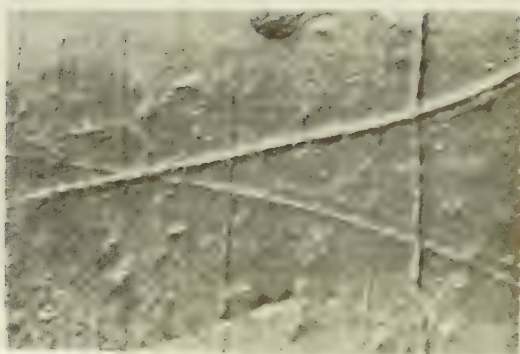


Abb. 10 1/ vor dem Putzen



Abb. 11 1/ nach dem Putzen
mit 0,5 % Texapon Z

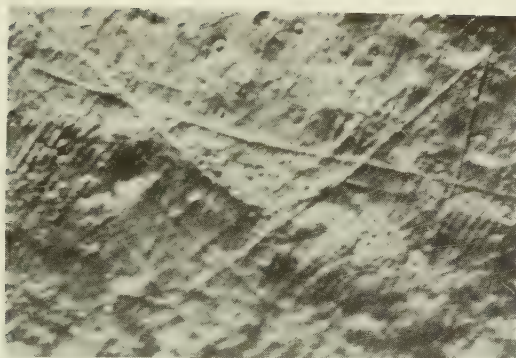


Abb. 12 2/ vor dem Putzen

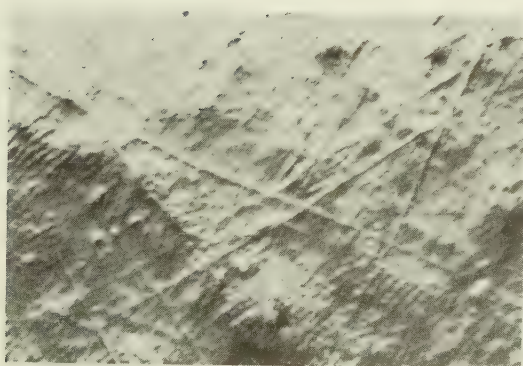


Abb. 13 2/ nach dem Putzen
mit 5 % Lathanol LAL

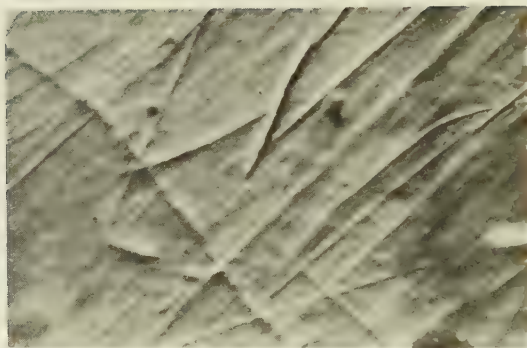


Abb. 14 1/ vor dem Putzen

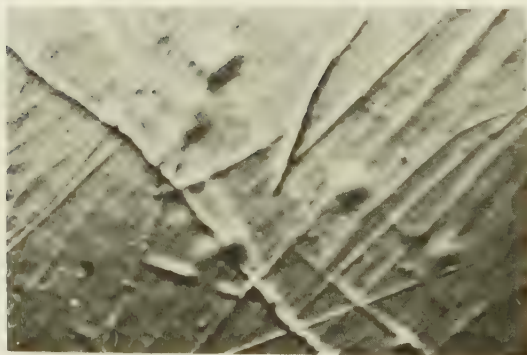


Abb. 15 1/ nach dem Putzen
mit Lacalut

Diskussion der Befunde

Aufgrund des Alters der Probanden und der besonderen mechanischen Beanspruchung der oberen Schneidezähne muß angenommen werden, daß das auf diesen Zähnen vorgefundene und untersuchte SOH nur noch in Form des exogenen Zahnoberhäutchens vorhanden ist, das sich aus verkalkten Deckschichten gebildet hat.

Bei der Darstellung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß es sich bei der Anwendung der Replica um eine Wiedergabe der Oberflächenverhältnisse des Zahnes handelt. Es können also nur Angaben gemacht werden, die eine Veränderung des untersuchten Materials betreffen. Aussagen über die stoffliche Natur des Substrates sind reine Vermutungen und lassen sich nur mit histologischen Nachweismethoden eindeutig beweisen, wie es von H.Schüle (1962) schon beschrieben ist. Wenn also bei diesen Untersuchungen Oberflächenveränderungen größeren Ausmaßes festgestellt worden wären, hätte es der Extraktion und der Schnittentkalkung der betreffenden Zähne bedurft, um weitere Schlüsse ziehen zu können. Bei den beobachteten geringgradigen Abweichungen unter den einzelnen Abdrücken, unter denen noch Artefakte berücksichtigt werden müssen, kann nur dahingehend eine Schlußfolgerung gezogen werden, daß es sich bei den Oberflächenveränderungen um teilweise Beseitigung der oberflächlichen Beläge und des Speichelfilmes handelt. Diese werden aber auch schon durch den Putzvorgang mit Wasser und Bürste beseitigt und bedürfen also, was die leicht zugängliche labiale Zahnfläche betrifft, nicht des Zusatzes eines Detergens oder Schleifmittels. Inkrustierte großflächige Beläge konnten auch

durch hohe Detergentskonzentration nicht aufgelockert oder entfernt werden. Für die Reinigung der Interdentalräume und Zahnfleischaschen mögen grenzflächenaktive Stoffe eine gewisse Bedeutung haben, die aber nicht überschätzt werden sollte, denn sie können den mechanischen Reinigungsvorgang durch Entspannen des Wassers erleichtern, ihn aber nicht ersetzen. Zudem liegt die Konzentration der Detergentien in den meisten Zahnpasten weit unter der untersuchten Konzentration von 5 %. Die kleine Menge Zahnpaste, die zum Putzen verwandt wird, enthält nur wenig Netzmittel, das durch Befeuchten der Bürste und den Speichel, der durch die in der Paste enthaltenen Aromastoffe vermehrt sezerniert wird, im Mund weiter zu einer verschwindend geringen Konzentration verdünnt wird und so seine Funktion als Adjuvans bei der Reinigung überhaupt in Frage stellt. E.Wannenmacher (1961) bejaht die Notwendigkeit des Zusatzes von grenzflächenaktiven Stoffen zu Zahnpasten, da durch diesen Zusatz die Zahnzwischenräume und Taschen besser gereinigt würden.

Wichtiger erscheint im Gegensatz dazu die konzentrationsabhängige "wachstumshemmende Wirkung der Netzer auf Gärungskeime im Zahnbelag", wie sie T.Lammers (1961) beschrieben hat. Diese Eigenschaft ist für die Gesunderhaltung des Zahnes wünschenswert, führt aber am Zahnfleisch zu Reizwirkungen, die parallel zu der bacteriostatischen Wirkung gehen. E.Wannenmacher (1961) gibt die biologisch vertretbare Konzentrationsgrenze für Detergentien in Pasten mit 1,2-1,5 % an, bei denen keine oder nur sehr geringe Schädigungen der Schleimhaut möglich seien. Aufgrund unserer Untersuchungen mit weit höheren Konzentrationen des reinen Detergens kann ausgesagt werden, daß bei dieser Grenzkonzentration

an dem Zahnoberhäutchen keine Schädigung sichtbar wird.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Reliefabdruckmethode wurden die Auswirkungen der Zahnreinigung mittels Bürste und Wasser sowie die toxische Wirkung von grenzflächenaktiven Stoffen auf die Zahnoberfläche und speziell auf das Zahnoberhäutchen geprüft. Es wurden 8 Detergentien in Konzentrationen von 0,5 % und 5 % sowie 8 Handelszahnpasten, die die betreffenden Detergentien enthalten, untersucht. Außer diesen einmal durchgeführten Putzversuchen wurden zwei 5 %ige Netzmittellösungen über einen Zeitraum von 8 Tagen getestet. Die bei diesen Untersuchungen aufgetretenen Veränderungen sehr geringen Grades werden auf die Entfernung von Belägen und des anhaftenden Speichelfilmes zurückgeführt, nicht aber auf eine Schädigung der Zahnoberfläche und des Zahnoberhäutchens. Auf Grund dieser negativen Befunde wurden die Ergebnisse nicht weiter statistisch ausgewertet. Da auch bei Anwendung der ungewöhnlich hohen Detergentskonzentration von 5 % kein Unterschied zu den Leerversuchen, die nur mit Wasser und Bürste durchgeführt wurden, festgestellt werden konnte, wird die Notwendigkeit eines Zusatzes von grenzflächenaktiven Stoffen in den Zahnpasten noch zu überprüfen sein.

Literaturverzeichnis

- Blaich, W., Grenzflächenaktive Stoffe in Medizin und Kosmetik
Fette-Seifen-Anstrichmittel, 63, 622-628 (1961)
- Borneff, J., Cancerogene Substanzen in Wasser und Boden
Archiv für Hygiene und Bakteriologie,
144, 249-262 (1960)
- Eifinger, F., Die Replicatetechnik und ihre Anwendung in der
Mundhöhle
Schw. Monatsschrift für Zahnheilkunde,
73, 572-577 (1963)
- Epstein, S., Possible Deleterious Effects of Using Soap
Substitutes in Dentifrices
J.A.D.A., 26, 1461-1471 (1939)
- Kitchin, P.C., Sodium Alkyl Sulfate as a Detergent in Tooth Paste
J.A.D.A., 24, 736-755 (1937)
- Koller, S., Statistische Auswertungen
Biochemisches Taschenbuch, Berlin 1956, S.1184
- Lammers, T., Biologische Wirkungen oberflächenaktiver Stoffe
in Zahnpasten
Fette-Seifen-Anstrichmittel, 63, 628-630 (1961)
- Laux, K., Die grenzflächenaktiven Stoffe
Chemische Technologie, München 1960, S. 154, 158,
159, 160, 169, 178, 179, 182, 183, 200, 201, 203, 207, 208, 236
- Lienert, G., Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik,
Meisenheim 1962, S.106
- Owen, D.B., Handbook of Statistical Tables,
Reading (Mass., USA) 1962, S.341
- Pfanzagl, J., Allgemeine Methodenlehre der Statistik,
Berlin 1962, S.146
- Schüle, H., Das Schmelzoberhäutchen, Stuttgart 1962
- Wannenmacher, E., Auswirkungen von Zahnpflegemitteln auf Zahnhart-
gewebe und Schleimhaut
Fette-Seifen-Anstrichmittel, 63, 934-938 (1961)
- Wehle, H., Eine Methode zur Messung der Schaumkraft von
Zahnpasten und Zahnseifen und Festsetzung einer
Schaumkraftzahl
Deutsche Arzneimittelforschung, 11, 135-138 (1959)

A N H A N G

Tabellen der gemessenen Schaumvolumina bei:

	Seite
13 Detergentien in Reinsubstanz	70-82
13 Detergentien in Standardpasten	83-89
28 Zahnpasten des Handels	90-99

Zeichenerklärung:

Subst. = Menge der eingewogenen Substanz in g

W_1 = Wassermenge vor dem Schütteln in ml

W_2 = Wassermenge nach dem Schütteln in ml

SH = Schaumhöhe über dem ursprünglichen
Wasserspiegel (relat. Schaumvolumen)

SH- W_1 = Schaumhöhe über dem neugebildeten
Wasserspiegel (absolut. Schaumvolumen)

$W_1 - W_2$ = bei der Schaumbildung verbrauchte
Wassermenge in ml

Pulvis 100 % = Konzentration der Reinsubstanz

R3 0,5 % = Nummer des Ansatzes der Standardpaste
Konzentration des Detergens in der Paste

D1 = Detergens 1 (Ascorbylpalmitat)

P1 = Standardpaste 1 (enthält Detergens 1)

Z1 = Handelszahnpaste 1 (Blendax blau)

DETERGENTEN IN REINSUBSTANZ

1. Ascorbylpalmitat Pulvis 100 %

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH - W_1$	$W_1 - W_2$
A. 0,000125 %	1 0,00025	200	200	200	0	0
	2 0,00025	200	200	200	0	0
	3 0,00025	200	200	200	0	0
	4 0,00025	200	200	200	0	0
	5 0,00025	200	200	200	0	0
	0,00025	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1 0,0025	200	200	200	0	0
	2 0,0025	200	200	200	0	0
	3 0,0025	200	200	200	0	0
	4 0,0025	200	200	200	0	0
	5 0,0025	200	200	200	0	0
	0,0025	200	200	200	0	0
C. 0,0125 %	1 0,025	200	200	201	1	0
	2 0,025	200	200	201	1	0
	3 0,025	200	200	202	2	0
	4 0,025	200	200	201	1	0
	5 0,025	200	200	202	2	0
	0,025	200	200	201,4	1,4	0
D. 0,125 %	1 0,25	200	200	205	5	0
	2 0,25	200	200	207	7	0
	3 0,25	200	200	210	10	0
	4 0,25	200	200	205	5	0
	5 0,25	200	200	207	7	0
	0,25	200	200	206,8	6,8	0

2. Lathandl Pulvis 100 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,00025	200	200	200	0	0
	2	0,00025	200	200	200	0	0
	3	0,00025	200	200	200	0	0
	4	0,00025	200	200	200	0	0
	5	0,00025	200	200	200	0	0
		0,00025	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0025	200	195	230	30	5
	2	0,0025	200	198	230	30	2
	3	0,0025	200	196	245	45	4
	4	0,0025	200	196	235	35	4
	5	0,0025	200	196	240	40	4
		0,0025	200	196,2	235	35	3,8
C. 0,0125 %	1	0,025	200	190	460	260	10
	2	0,025	200	182	410	210	18
	3	0,025	200	183	485	285	17
	4	0,025	200	190	470	270	10
	5	0,025	200	186	460	260	14
		0,025	200	186,2	457	257	13,8
D. 0,125 % 1275 ml Kolben	1	0,25	200	140	1275	1075	60
	2	0,25	200	140	1275	1075	60
	3	0,25	200	135	1275	1075	65
	4	0,25	200	145	1275	1075	55
	5	0,25	200	135	1275	1075	65
		0,25	200	139	1275	1075	61

3. Saccharoselaurat Pulvis 100 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,00025	200	200	200	0	0
	2	0,00025	200	200	200	0	0
	3	0,00025	200	200	200	0	0
	4	0,00025	200	200	200	0	0
	5	0,00025	200	200	200	0	0
		0,00025	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0025	200	195	250	50	5
	2	0,0025	200	195	260	60	5
	3	0,0025	200	197	245	45	3
	4	0,0025	200	194	265	65	6
	5	0,0025	200	193	240	40	7
		0,0025	200	194,8	252	52	5,2
C. 0,0125 %	1	0,025	200	190	350	150	10
	2	0,025	200	191	340	140	9
	3	0,025	200	193	350	150	7
	4	0,025	200	193	365	165	7
	5	0,025	200	192	355	155	8
		0,025	200	191,8	352	152	8,2
D. 0,125 %	1	0,25	200	185	570	370	15
	2	0,25	200	189	530	330	11
	3	0,25	200	190	520	320	10
	4	0,25	200	185	575	375	15
	5	0,25	200	188	560	360	12
		0,25	200	187,4	551	351	12,6

4. Lamepon Liquidum 30 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,00083	200	200	200	0	0
	2	0,00083	200	200	200	0	0
	3	0,00083	200	200	200	0	0
	4	0,00083	200	200	200	0	0
	5	0,00083	200	200	200	0	0
		0,00083	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0083	200	198	220	20	2
	2	0,0083	200	198	220	20	2
	3	0,0083	200	197	215	15	3
	4	0,0083	200	198	215	15	2
	5	0,0083	200	198	215	15	2
		0,0083	200	197,8	217	17	2,2
C. 0,0125 %	1	0,083	200	192	300	100	8
	2	0,083	200	193	305	105	7
	3	0,083	200	191	310	110	9
	4	0,083	200	193	315	115	7
	5	0,083	200	192	315	115	8
		0,083	200	192,2	309	109	7,8
D. 0,125 %	1	0,83	200	173	470	270	27
	2	0,83	200	172	500	300	28
	3	0,83	200	170	505	305	30
	4	0,83	200	170	515	315	30
	5	0,83	200	175	490	290	25
		0,83	200	172	496	296	28

5. Sarcosyl NL Liquidum 30 %

		Subst.	W ₁	W ₂	SH	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
A. 0,000125 %	1	0,00083	200	200	200	0	0
	2	0,00083	200	200	200	0	0
	3	0,00083	200	200	200	0	0
	4	0,00083	200	200	200	0	0
	5	0,00083	200	200	200	0	0
		0,00083	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0083	200	200	200	0	0
	2	0,0083	200	200	200	0	0
	3	0,0083	200	200	200	0	0
	4	0,0083	200	200	200	0	0
	5	0,0083	200	200	200	0	0
		0,0083	200	200	200	0	0
C. 0,0125 %	1	0,083	200	200	225	25	0
	2	0,083	200	200	215	15	0
	3	0,083	200	200	210	10	0
	4	0,083	200	200	220	20	0
	5	0,083	200	200	220	20	0
		0,083	200	200	218	18	0
D. 0,125 %	1	0,83	200	185	490	290	15
	2	0,83	200	190	460	260	10
	3	0,83	200	185	470	270	15
	4	0,83	200	187	455	255	13
	5	0,83	200	188	430	230	12
		0,83	200	187	461	261	13

6. Texapon Z Pulvis 60 %

		Subst.	W ₁	W ₂	SH	SH-W _{W1}	W ₁ -W ₂
A. 0,000125 %	1	0,00041	200	200	200	0	0
	2	0,00041	200	200	200	0	0
	3	0,00041	200	200	200	0	0
	4	0,00041	200	200	200	0	0
	5	0,00041	200	200	200	0	0
		0,00041	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0041	200	197	235	35	3
	2	0,0041	200	198	210	10	2
	3	0,0041	200	196	240	40	4
	4	0,0041	200	199	250	50	1
	5	0,0041	200	199	240	40	1
		0,0041	200	197,8	235	35	2,2
C. 0,0125 %	1	0,041	200	190	500	300	10
	2	0,041	200	192	450	250	8
	3	0,041	200	191	475	275	9
	4	0,041	200	191	490	290	9
	5	0,041	200	190	480	280	10
		0,041	200	190,8	479	279	9,2
D. 0,125 % 1275 ml Kolben	1	0,41	200	170	1275	1075	30
	2	0,41	200	178	1275	1075	22
	3	0,41	200	175	1275	1075	25
	4	0,41	200	175	1275	1075	25
	5	0,41	200	170	1275	1075	30
		0,41	200	173,6	1275	1075	26,4

7. Elfanol R1 Pulvis 95 %

	Subst.	W ₁	W ₂	SH	SH-W ₁	W ₁ -W ₂
A. 0,000125 %	1 0,00026	200	200	200	0	0
	2 0,00026	200	200	200	0	0
	3 0,00026	200	200	200	0	0
	4 0,00026	200	200	200	0	0
	5 0,00026	200	200	200	0	0
	0,00026	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1 0,0026	200	200	200	0	0
	2 0,0026	200	200	200	0	0
	3 0,0026	200	200	200	0	0
	4 0,0026	200	200	200	0	0
	5 0,0026	200	200	200	0	0
	0,0026	200	200	200	0	0
C. 0,0125 %	1 0,026	200	194	240	40	6
	2 0,026	200	195	240	40	5
	3 0,026	200	194	230	30	6
	4 0,026	200	195	245	45	5
	5 0,026	200	195	225	25	5
	0,026	200	194,6	236	36	5,4
D. 0,125 %	1 0,26	200	187	350	150	13
	2 0,26	200	184	350	150	16
	3 0,26	200	184	360	160	16
	4 0,26	200	183	355	155	17
	5 0,26	200	186	365	165	14
	0,26	200	184,8	356	156	15,2

8. Hostapon KA Pulvis 80 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,00031	200	200	200	0	0
	2	0,00031	200	200	200	0	0
	3	0,00031	200	200	200	0	0
	4	0,00031	200	200	200	0	0
	5	0,00031	200	200	200	0	0
		0,00031	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0031	200	196	225	25	4
	2	0,0031	200	198	225	25	2
	3	0,0031	200	195	220	20	5
	4	0,0031	200	196	225	25	4
	5	0,0031	200	197	220	20	3
		0,0031	200	196,4	223	23	3,6
C. 0,0125 %	1	0,031	200	191	320	120	9
	2	0,031	200	192	340	140	8
	3	0,031	200	193	315	115	7
	4	0,031	200	190	325	125	10
	5	0,031	200	193	335	135	7
		0,031	200	191,8	327	127	8,2
D. 0,125 %	1	0,31	200	176	585	385	24
	2	0,31	200	175	640	440	25
	3	0,31	200	183	560	360	17
	4	0,31	200	178	525	325	22
	5	0,31	200	183	530	330	17
		0,31	200	179	568	368	21

9. Hostapon KTW neu Pulvis 50 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,0005	200	200	200	0	0
	2	0,0005	200	200	200	0	0
	3	0,0005	200	200	200	0	0
	4	0,0005	200	200	200	0	0
	5	0,0005	200	200	200	0	0
		0,0005	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,005	200	195	240	40	5
	2	0,005	200	195	225	25	5
	3	0,005	200	195	245	45	5
	4	0,005	200	195	220	20	5
	5	0,005	200	197	230	30	3
		0,005	200	195,4	232	32	4,6
C. 0,0125 %	1	0,05	200	187	425	225	13
	2	0,05	200	188	395	195	12
	3	0,05	200	187	410	210	13
	4	0,05	200	188	365	165	12
	5	0,05	200	188	385	185	12
		0,05	200	187,6	396	196	12,4
D. 0,125 % 1275 ml Kolben	1	0,5	200	170	980	780	30
	2	0,5	200	165	950	750	35
	3	0,5	200	165	980	780	35
	4	0,5	200	165	1000	800	35
	5	0,5	200	165	970	770	35
		0,5	200	166	976	776	34

10. Türkischrotöl Liquidum 100 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	SH- W_1	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,00025	200	200	200	0	0
	2	0,00025	200	200	200	0	0
	3	0,00025	200	200	200	0	0
	4	0,00025	200	200	200	0	0
	5	0,00025	200	200	200	0	0
		0,00025	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0025	200	200	200	0	0
	2	0,0025	200	200	200	0	0
	3	0,0025	200	200	200	0	0
	4	0,0025	200	200	200	0	0
	5	0,0025	200	200	200	0	0
		0,0025	200	200	200	0	0
C. 0,0125 %	1	0,025	200	200	200	0	0
	2	0,025	200	200	200	0	0
	3	0,025	200	200	200	0	0
	4	0,025	200	200	200	0	0
	5	0,025	200	200	200	0	0
		0,025	200	200	200	0	0
D. 0,125 %	1	0,25	200	197	215	15	3
	2	0,25	200	196	210	10	4
	3	0,25	200	198	220	20	2
	4	0,25	200	195	210	10	5
	5	0,25	200	194	215	15	6
		0,25	200	196	214	14	4

11. Steinapol SBFA Liquidum 50 %

		Subst.	W_1	W_2	SH	SE- W_1	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,0005	200	200	200	0	0
	2	0,0005	200	200	200	0	0
	3	0,0005	200	200	200	0	0
	4	0,0005	200	200	200	0	0
	5	0,0005	200	200	200	0	0
		0,0005	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,005	200	195	225	25	5
	2	0,005	200	195	215	15	5
	3	0,005	200	194	230	30	6
	4	0,005	200	193	220	20	7
	5	0,005	200	195	225	25	5
		0,005	200	194,4	223	23	5,6
C. 0,0125 %	1	0,05	200	185	345	145	15
	2	0,05	200	185	365	165	15
	3	0,05	200	187	340	140	13
	4	0,05	200	187	355	155	13
	5	0,05	200	187	350	150	13
		0,05	200	186,2	351	151	13,5
D. 0,125 % 1275 ml Kolben	1	0,5	200	135	750	550	65
	2	0,5	200	135	730	530	65
	3	0,5	200	140	700	500	60
	4	0,5	200	140	710	510	60
	5	0,5	200	130	740	540	70
		0,5	200	136	726	526	64

12. Pasta X Pasta 83 %

		Subst.	W_1	W_2	SH-	SH- W_1	$W_1 - W_2$
A. 0,000125 %	1	0,0003	200	200	200	0	0
	2	0,0003	200	200	200	0	0
	3	0,0003	200	200	200	0	0
	4	0,0003	200	200	200	0	0
	5	0,0003	200	200	200	0	0
		0,0003	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,003	200	194	230	30	6
	2	0,003	200	193	225	25	7
	3	0,003	200	194	235	35	6
	4	0,003	200	195	235	35	5
	5	0,003	200	193	235	35	7
		0,003	200	193,8	232	32	6,2
C. 0,0125 %	1	0,03	200	190	350	150	10
	2	0,03	200	188	340	140	12
	3	0,03	200	189	360	160	11
	4	0,03	200	190	360	160	10
	5	0,03	200	188	340	140	12
		0,03	200	189	350	150	11
D. 0,125 %	1	0,3	200	185	550	350	15
	2	0,3	200	185	595	395	15
	3	0,3	200	188	590	390	12
	4	0,3	200	185	600	400	15
	5	0,3	200	190	570	370	10
		0,3	200	186,6	581	381	13,4

13. Seife H Pulvis 88%

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. 0,000125 %	1	0,00028	200	200	200	0	0
	2	0,00028	200	200	200	0	0
	3	0,00028	200	200	200	0	0
	4	0,00028	200	200	200	0	0
	5	0,00028	200	200	200	0	0
		0,00028	200	200	200	0	0
B. 0,00125 %	1	0,0028	200	200	200	0	0
	2	0,0028	200	200	200	0	0
	3	0,0028	200	200	200	0	0
	4	0,0028	200	200	200	0	0
	5	0,0028	200	200	200	0	0
		0,0028	200	200	200	0	0
C. 0,0125 %	1	0,028	200	200	200	0	0
	2	0,028	200	200	200	0	0
	3	0,028	200	200	200	0	0
	4	0,028	200	200	200	0	0
	5	0,028	200	200	200	0	0
		0,028	200	200	200	0	0
D. 0,125 %	1	0,28	200	170	450	250	30
	2	0,28	200	177	450	250	23
	3	0,28	200	175	465	265	25
	4	0,28	200	173	455	255	27
	5	0,28	200	172	455	255	28
		0,28	200	173,4	455	255	26,6

DETERGENTEN IN STANDARDPASTEN

1. Ascorbylpalmitat

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R3 0,05 %	1	5	200	200	200	0	0
	2	5	200	200	200	0	0
	3	5	200	200	200	0	0
	4	5	200	200	200	0	0
	5	5	200	200	200	0	0
		5	200	200	200	0	0
B. R2 0,5 %	1	5	200	199	205	5	1
	2	5	200	197	203	3	3
	3	5	200	198	207	7	2
	4	5	200	200	202	2	0
	5	5	200	198	203	3	2
		5	200	198,4	204	4	1,6

2. Lathanol LAL

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R51 0,05 %	1	5	200	195	265	65	5
	2	5	200	196	260	60	4
	3	5	200	194	280	80	6
	4	5	200	197	275	75	3
	5	5	200	197	280	80	3
		5	200	195,8	272	72	4,2
B. R50 0,5 %	1	5	200	188	410	210	12
	2	5	200	189	380	180	11
	3	5	200	189	370	170	11
	4	5	200	188	375	175	12
	5	5	200	187	405	205	13
		5	200	188,2	388	188	11,8

3. Saccharoselaurat

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R16 0,05 %	1	5	200	196	220	20	4
	2	5	200	197	215	15	3
	3	5	200	197	210	10	3
	4	5	200	197	215	15	3
	5	5	200	198	225	25	2
		5	200	197	217	17	3
B. R14 0,5 %	1	5	200	195	275	75	5
	2	5	200	194	270	70	6
	3	5	200	194	275	75	6
	4	5	200	194	265	65	6
	5	5	200	192	260	60	8
		5	200	194,6	269	69	6,2

4. Lamepon

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R9 0,05 %	1	5	200	195	210	10	5
	2	5	200	190	208	8	10
	3	5	200	197	220	20	3
	4	5	200	196	208	8	4
	5	5	200	197	215	15	3
		5	200	195	212,2	12,2	5
B. R8 0,5 %	1	5	200	195	270	70	5
	2	5	200	197	255	55	3
	3	5	200	195	260	60	5
	4	5	200	197	250	50	3
	5	5	200	194	265	65	6
		5	200	195,6	260	60	4,4

5. Sarcosyl NL

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R21 0,05 %	1	5	200	200	200	0	0
	2	5	200	200	200	0	0
	3	5	200	200	200	0	0
	4	5	200	200	200	0	0
	5	5	200	200	200	0	0
		5	200	200	200	0	0
B. R20 0,5 %	1	5	200	200	200	0	0
	2	5	200	200	200	0	0
	3	5	200	200	200	0	0
	4	5	200	200	200	0	0
	5	5	200	200	200	0	0
		5	200	200	200	0	0

6. Texapon Z

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R27 0,05 %	1	5	200	197	240	40	3
	2	5	200	198	215	15	2
	3	5	200	194	250	50	6
	4	5	200	198	235	35	2
	5	5	200	197	250	50	3
		5	200	196,8	236	36	3,2
B. R26 0,5 %	1	5	200	187	325	125	13
	2	5	200	188	340	140	12
	3	5	200	185	390	190	15
	4	5	200	180	350	150	20
	5	5	200	197	215	15	3
		5	200	186,4	324	124	12,8

7. Elfanol R1

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R39 0,05 %	1	5	200	197	205	5	3
	2	5	200	197	205	5	3
	3	5	200	195	210	10	5
	4	5	200	195	203	3	5
	5	5	200	195	210	10	5
		5	200	195,8	206,6	6,6	4,2
B. R38 0,5 %	1	5	200	189	335	135	11
	2	5	200	190	320	120	10
	3	5	200	191	310	110	9
	4	5	200	189	305	105	11
	5	5	200	182	290	90	18
		5	200	188,2	312	112	11,8

8. Hostapon KA

A. R45 0,05 %

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	193	235	35	7
2	5	200	192	235	35	8
3	5	200	198	210	10	2
4	5	200	193	240	40	7
5	5	200	195	230	30	5
	5	200	194,2	230	30	5,8

B. R44 0,5 %

1	5	200	195	280	80	5
2	5	200	190	310	110	10
3	5	200	189	340	140	11
4	5	200	191	350	150	9
5	5	200	190	350	150	10
	5	200	191	326	126	9

9. Hostapon KTW neu

A. R33 0,05 %

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	200	200	0	0
2	5	200	200	200	0	0
3	5	200	200	200	0	0
4	5	200	200	200	0	0
5	5	200	200	200	0	0
	5	200	200	200	0	0

B. R32 0,5 %

1	5	200	200	200	0	0
2	5	200	200	200	0	0
3	5	200	200	200	0	0
4	5	200	200	200	0	0
5	5	200	200	200	0	0
	5	200	200	200	0	0

10. Türkischrotöl

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R57 0,05 %	1	5	200	200	0	0
	2	5	200	200	0	0
	3	5	200	200	0	0
	4	5	200	200	0	0
	5	5	200	200	0	0
		5	200	200	0	0
B. R56 0,5 %	1	5	200	196	10	4
	2	5	200	195	15	5
	3	5	200	198	15	2
	4	5	200	197	10	3
	5	5	200	196	5	4
		5	200	196,4	11	3,6

11. Steinapol SBFA

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R59 0,05 %	1	5	200	197	45	3
	2	5	200	197	60	3
	3	5	200	198	60	2
	4	5	200	195	50	5
	5	5	200	198	40	2
		5	200	197	51	3
B. R58 0,5 %	1	5	200	197	90	3
	2	5	200	195	90	5
	3	5	200	194	85	6
	4	5	200	194	80	6
	5	5	200	193	110	7
		5	200	194,6	91	5,4

12. Pasta X

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R61 0,05 %	1	5	200	195	295	95	5
	2	5	200	195	285	85	5
	3	5	200	196	275	75	4
	4	5	200	193	315	115	7
	5	5	200	193	300	100	7
		5	200	194,4	294	94	5,6
B. R60 0,5 %	1	5	200	190	400	200	10
	2	5	200	190	410	210	10
	3	5	200	190	390	190	10
	4	5	200	190	400	200	10
	5	5	200	185	410	210	15
		5	200	189	402	202	11

13. Seife H

		Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
A. R63 0,05 %	1	5	200	200	200	0	0
	2	5	200	200	200	0	0
	3	5	200	200	200	0	0
	4	5	200	200	200	0	0
	5	5	200	200	200	0	0
		5	200	200	200	0	0
B. R62 0,5 %	1	5	200	200	200	0	0
	2	5	200	200	200	0	0
	3	5	200	200	200	0	0
	4	5	200	200	200	0	0
	5	5	200	200	200	0	0
		5	200	200	200	0	0

ZAHNPASTEN DES HANDELS

1. Blendax blau

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	190	320	120	10
2	5	200	189	330	130	11
3	5	200	189	315	115	11
4	5	200	188	320	120	12
5	5	200	192	325	125	8
	5	200	189,6	322	122	11,4

2. Blendax grün

1275 ml Kolben

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	160	1090	890	40
2	5	200	155	1275	1075	45
3	5	200	150	1160	960	50
4	5	200	160	1150	950	40
5	5	200	140	1000	800	60
	5	200	153	1135	935	47

3. Blendax rot

1275 ml Kolben

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	145	880	680	55
2	5	200	135	870	670	65
3	5	200	130	1000	800	70
4	5	200	135	950	750	65
5	5	200	140	940	740	60
	5	200	137	928	728	63

4. Elendi

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	186	355	155	14
2	5	200	186	365	165	14
3	5	200	186	350	150	14
4	5	200	187	350	150	13
5	5	200	187	345	145	13
	5	200	186,4	352	152	13,6

5. Goldax

1275 ml Kolben

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	170	990	790	30
2	5	200	168	1060	860	32
3	5	200	160	960	760	40
4	5	200	160	950	750	40
5	5	200	160	980	780	40
	5	200	163,5	988	788	36,5

6. Blend-a-med

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	192	325	125	8
2	5	200	190	315	115	10
3	5	200	193	300	100	7
4	5	200	192	295	95	8
5	5	200	192	310	110	8
	5	200	191,8	305	105	8,2

7. Pepsodent

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	176	375	175	24
2	5	200	170	415	215	30
3	5	200	178	385	185	22
4	5	200	180	360	160	20
5	5	200	175	360	160	25
	5	200	175,8	379	179	24,2

8. Colgate

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	200	200	0	0
2	5	200	200	200	0	0
3	5	200	200	200	0	0
4	5	200	200	200	0	0
5	5	200	200	200	0	0
	5	200	200	200	0	0

9. Super-Colgate

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	195	270	70	5
2	5	200	187	290	90	13
3	5	200	195	280	80	5
4	5	200	195	235	35	5
5	5	200	193	245	45	7
	5	200	192,4	264	64	7,6

10. Eurodont

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	180	600	400	20
2	5	200	182	610	410	18
3	5	200	178	620	420	22
4	5	200	180	640	440	20
5	5	200	182	610	410	18
	5	200	180,4	616	416	19,6

11. Signal

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	178	515	315	22
2	5	200	170	480	280	30
3	5	200	173	500	300	27
4	5	200	175	490	290	25
5	5	200	170	490	290	30
	5	200	173,2	495	295	26,8

12. Biox Ultra

1275 ml Kolben

	Subst.	W_1	W_2	SE	$SE-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	155	1000	800	45
2	5	200	150	1120	920	50
3	5	200	150	1100	900	50
4	5	200	150	1050	850	50
5	5	200	150	1190	990	50
	5	200	151	1092	892	49

13. Chlorodont

	Subst.	W_1	W_2	SE	$SE-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	195	225	25	5
2	5	200	198	215	15	2
3	5	200	200	210	10	0
4	5	200	198	210	10	2
5	5	200	199	215	15	1
	5	200	198	215	15	2

14. Supradont

	Subst.	W_1	W_2	SE	$SE-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	173	550	350	27
2	5	200	168	510	310	32
3	5	200	170	550	350	30
4	5	200	170	520	320	32
5	5	200	177	525	325	23
	5	200	173,2	531	331	26,8

15. Friscodent

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	200	215	15	0
2	5	200	200	210	10	0
3	5	200	200	203	3	0
4	5	200	200	207	7	0
5	5	200	200	205	5	0
	5	200	200	208	8	0

16. Odol

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	182	300	100	18
2	5	200	185	285	85	15
3	5	200	190	250	50	10
4	5	200	178	260	60	22
5	5	200	180	270	70	20
	5	200	183	273	73	17

17. Aronal

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	200	200	0	0
2	5	200	200	200	0	0
3	5	200	200	200	0	0
4	5	200	200	200	0	0
5	5	200	200	200	0	0
	5	200	200	200	0	0

18. Vademecum

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	183	380	180	17
2	5	200	187	360	160	13
3	5	200	190	340	140	10
4	5	200	190	300	100	10
5	5	200	192	280	80	8
	5	200	188,4	332	132	11,6

19. Denicotin

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	190	390	190	10
2	5	200	180	470	270	20
3	5	200	175	450	250	25
4	5	200	190	380	180	10
5	5	200	175	475	275	25
	5	200	182	433	233	18

20. Emoform

1275 ml Kolben

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	140	760	560	60
2	5	200	150	650	450	50
3	5	200	145	900	700	55
4	5	200	145	790	590	55
5	5	200	140	800	600	60
	5	200	144	780	580	56

21. Teelak

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	195	235	35	5
2	5	200	195	245	45	5
3	5	200	197	220	20	3
4	5	200	196	245	45	4
5	5	200	195	230	30	5
	5	200	195,6	235	35	4,4

22. Elmex

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	196	255	55	4
2	5	200	198	250	50	2
3	5	200	197	255	55	3
4	5	200	196	260	60	4
5	5	200	195	270	70	5
	5	200	196,4	258	58	3,6

23. Binaca

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	175	460	260	25
2	5	200	182	410	210	18
3	5	200	175	460	260	25
4	5	200	178	485	285	22
5	5	200	176	455	255	24
	5	200	177,2	454	254	22,8

24. Kolynos

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	180	525	325	20
2	5	200	175	525	325	25
3	5	200	175	520	320	25
4	5	200	175	520	320	25
5	5	200	175	505	305	25
	5	200	176	519	319	24

25. Myrtadont

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	165	520	320	35
2	5	200	185	530	330	15
3	5	200	180	470	270	20
4	5	200	175	575	375	25
5	5	200	175	650	450	25
	5	200	176	548	348	24

26. Ajona

1275 ml Kolben

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	150	1275	1075	50
2	5	200	150	1275	1075	50
3	5	200	145	1275	1075	55
4	5	200	145	1275	1075	55
5	5	200	145	1275	1075	55
	5	200	147	1275	1075	53

27. Lacalut

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	173	345	145	27
2	5	200	170	345	145	30
3	5	200	168	355	155	32
4	5	200	167	355	155	33
5	5	200	162	365	165	38
	5	200	168	353	153	32

28. Parodontax

	Subst.	W_1	W_2	SH	$SH-W_1$	W_1-W_2
1	5	200	193	265	65	7
2	5	200	198	225	25	2
3	5	200	192	275	75	8
4	5	200	189	310	110	11
5	5	200	190	295	95	10
	5	200	192,4	274	74	7,6

Graphische Darstellung der Einzelwerte

	Seite
A. 13 Detergentien - 13 Standardpasten Darstellung der Relation zwischen Schaumbildung und Wasserverbrauch ohne graphische Berücksichtigung der Konzentration	101 - 113
B. 13 Detergentien Darstellung der Abhängigkeit des Wasserverbrauches und der Schaumbildung von der Konzentration	114 - 126
C. 13 Standardpasten Darstellung der Abhängigkeit des Wasserverbrauches und der Schaumbildung von der Konzentration	127 - 137

x = Einzelwerte

o = Durchschnittswerte

D1 = Detergens 1 (Ascorbylpalmitat)

P1 = Standardpaste 1 (Ascorbylpalmitat)

SH-W₁

101

A

10
8
6
4
2
0

1. Ascorbypalmitat
21
P1

10
8
6
4
2
0

1

2

3

W₁-W₂



SAR-W₁

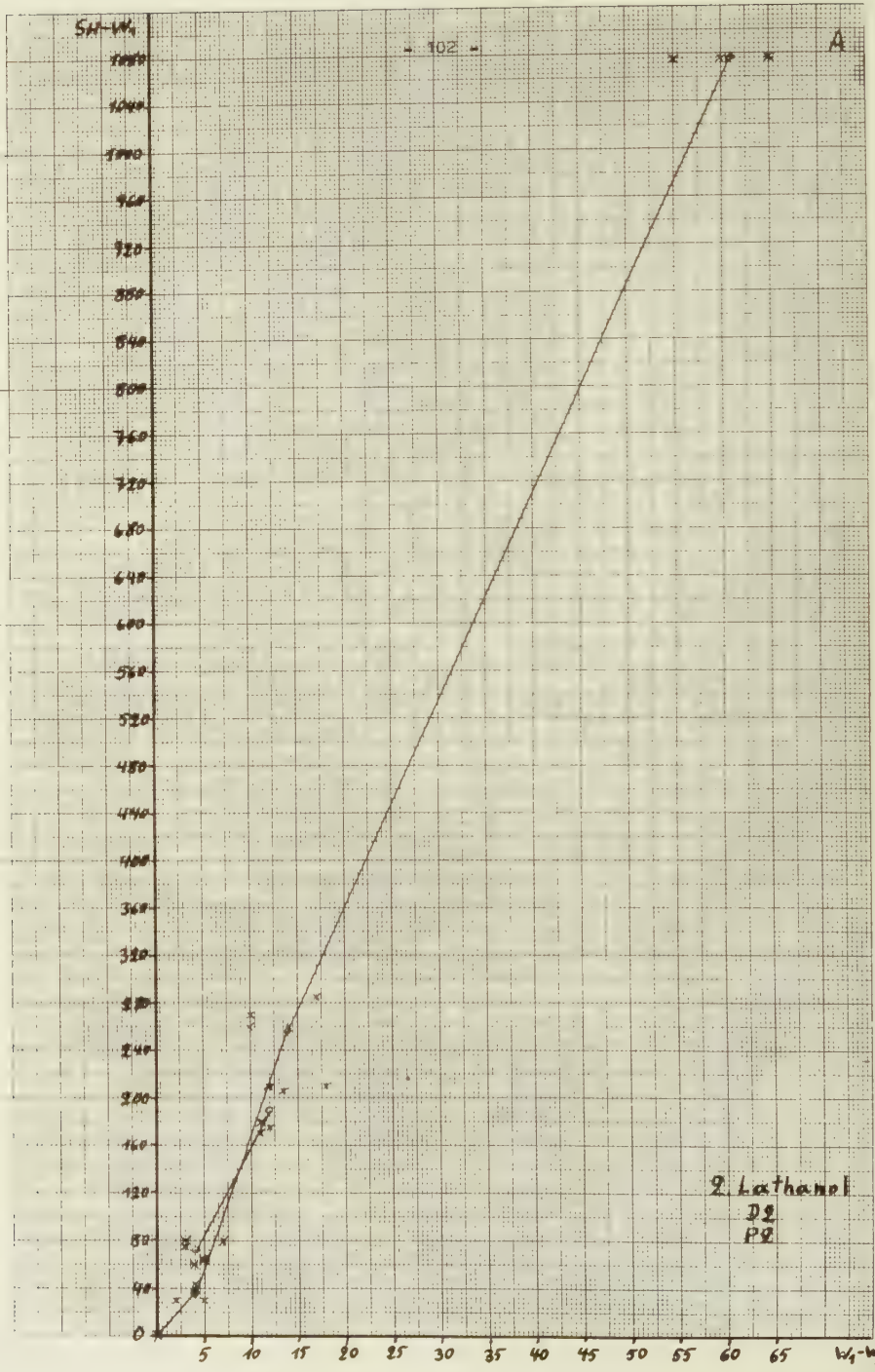
- 102 -

A

1080
1040
1000
960
920
880
840
800
760
720
680
640
600
560
520
480
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 W₁-W₂

2 Lathamel
D2
P8



SH-W₁

← 103 →

4

400

380

360

340

320

300

280

260

240

220

200

180

160

140

120

100

80

60

40

20

0

5

10

15

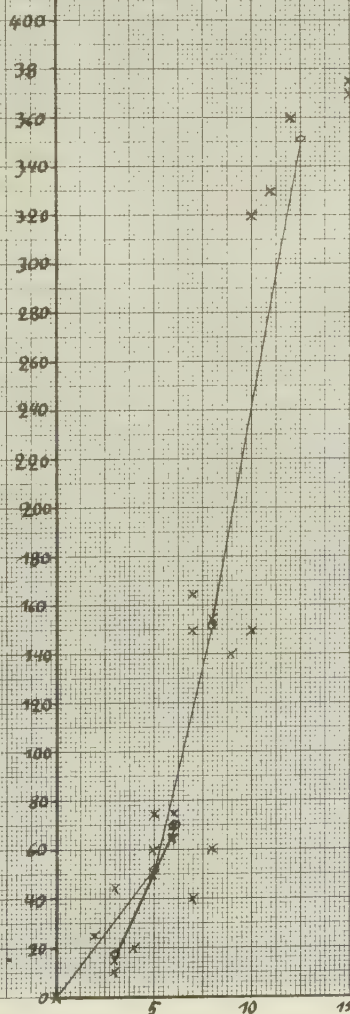
20

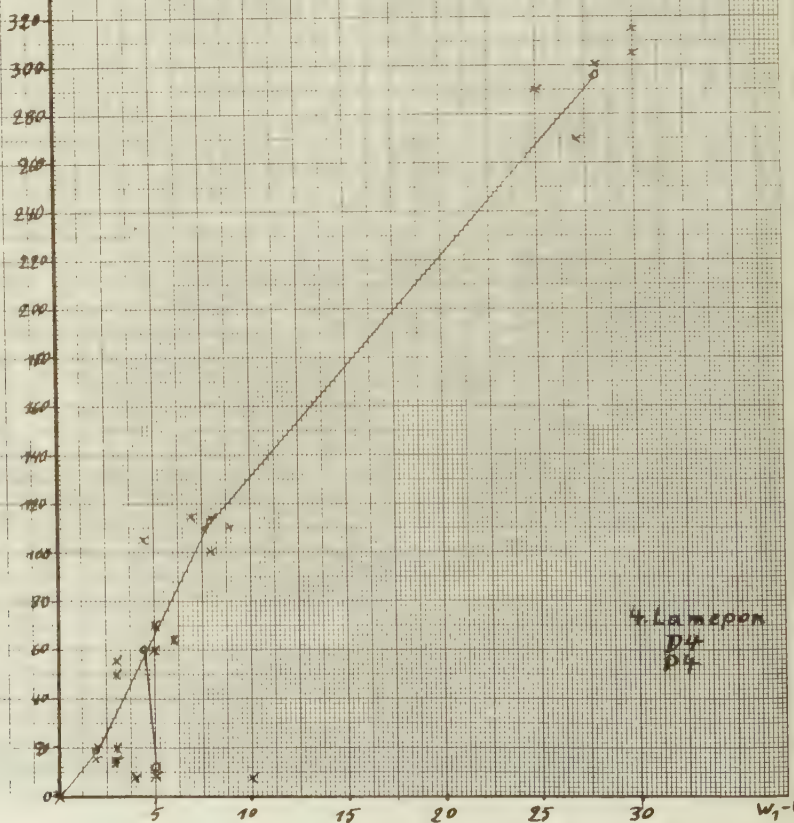
W₁-W₂

3 Saccharoseclaurat

D3

P3





54-W₁

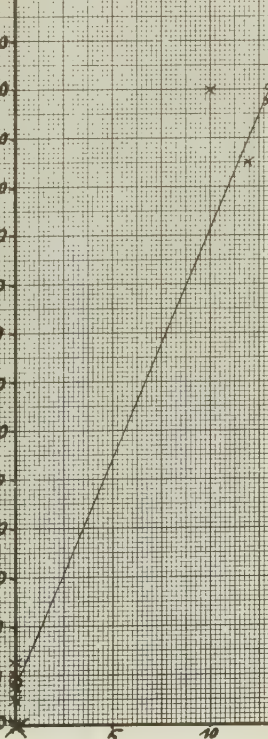
- 105 -

4

300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0

W₁-W₂

5. Sarcosyl
D5
P5



SH-W₂

106

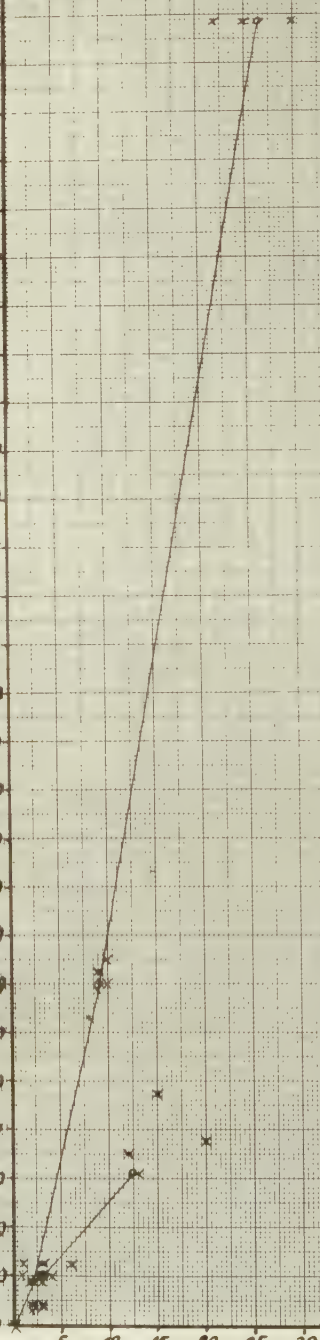
A

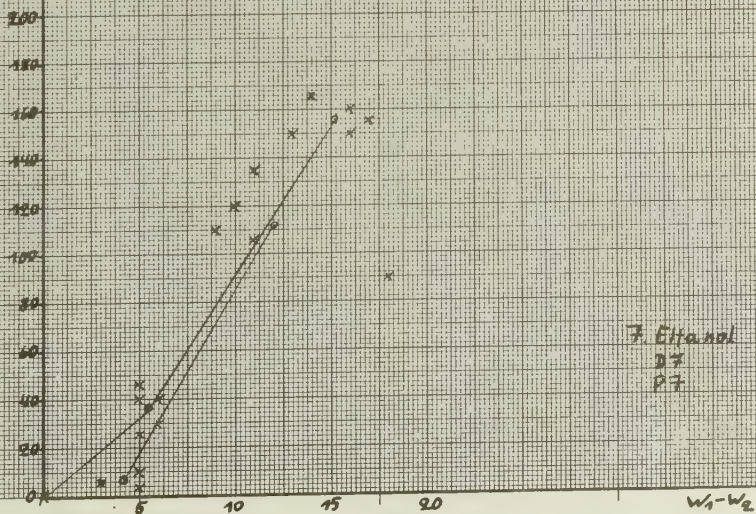
1080
1040
1000
960
920
880
840
800
760
720
680
640
600
560
520
480
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0

6 10 15 20 25 30

W₁-W₂

6. Texapon Z
D6
P6





SH-W₁

- 108 -

A

440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0

0

5

10

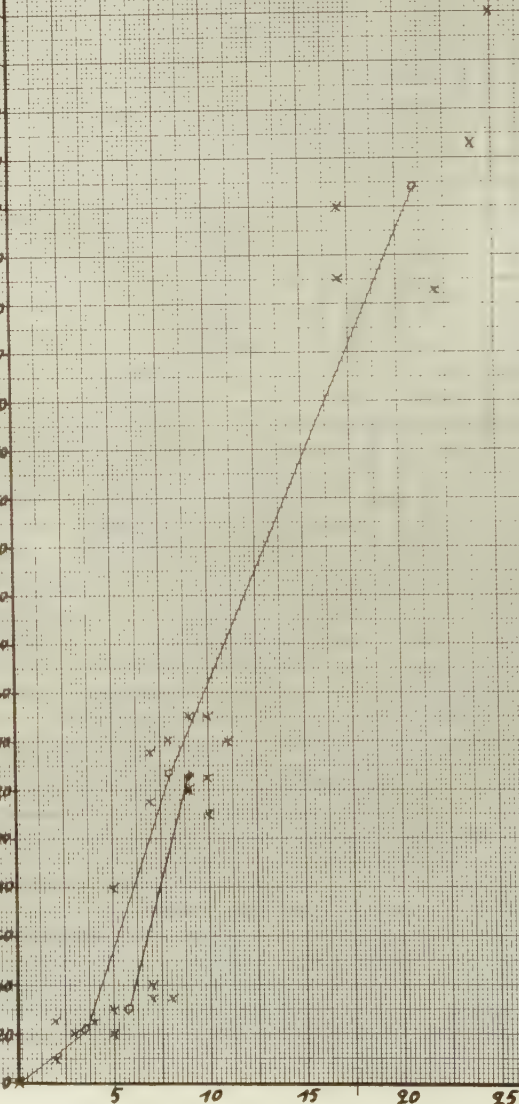
15

20

25

W₁-W₂

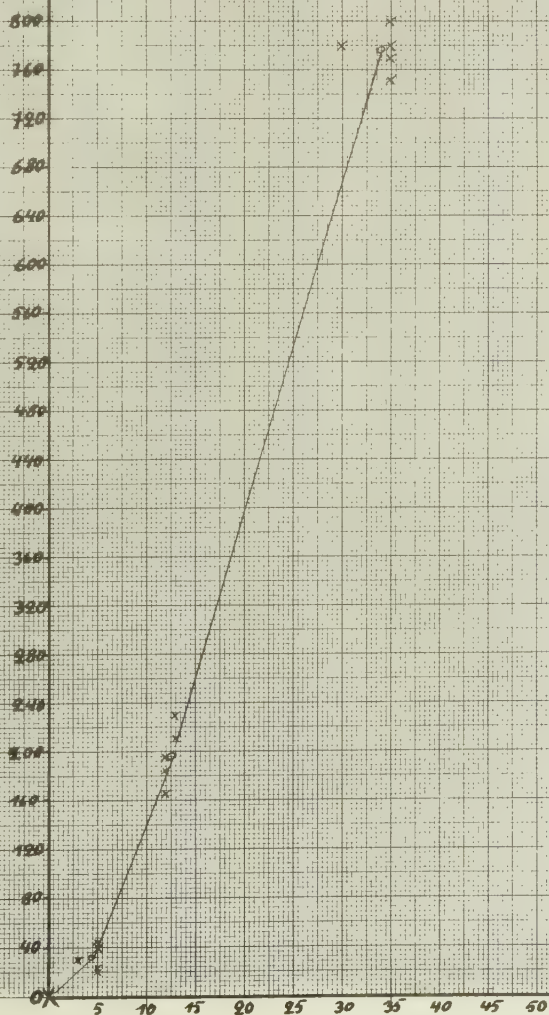
8. Hestapponka
D8
P8



SH-W₂

= 109 =

A



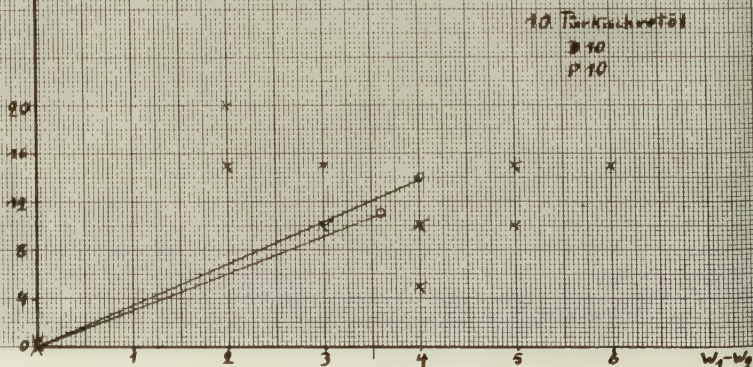
9. Hostapon KTW
D9
P9

 $W_1 - W_2$

SH-W₂

- 110 -

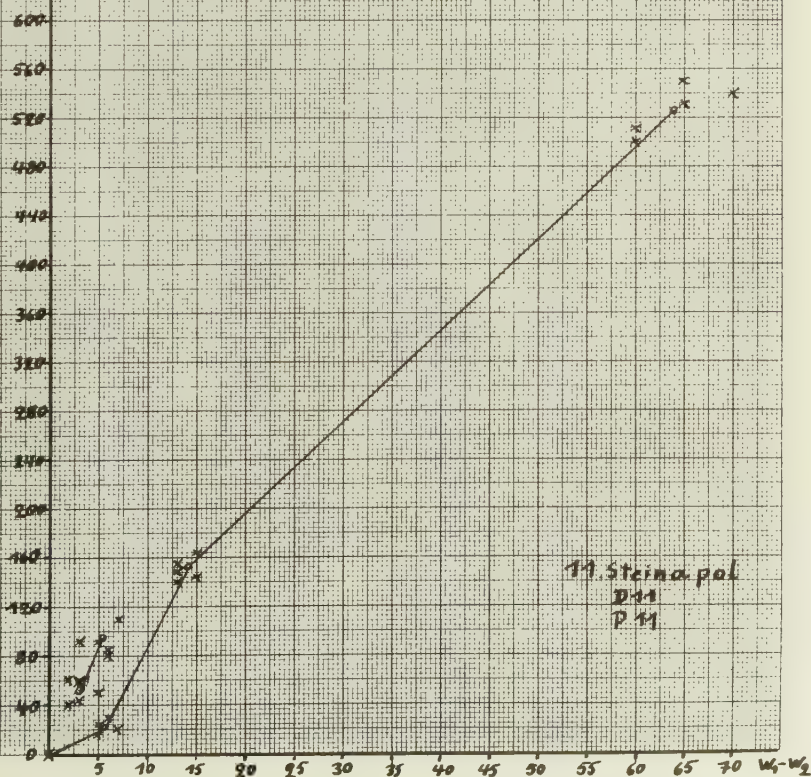
A



SH-W₂

+ 111 +

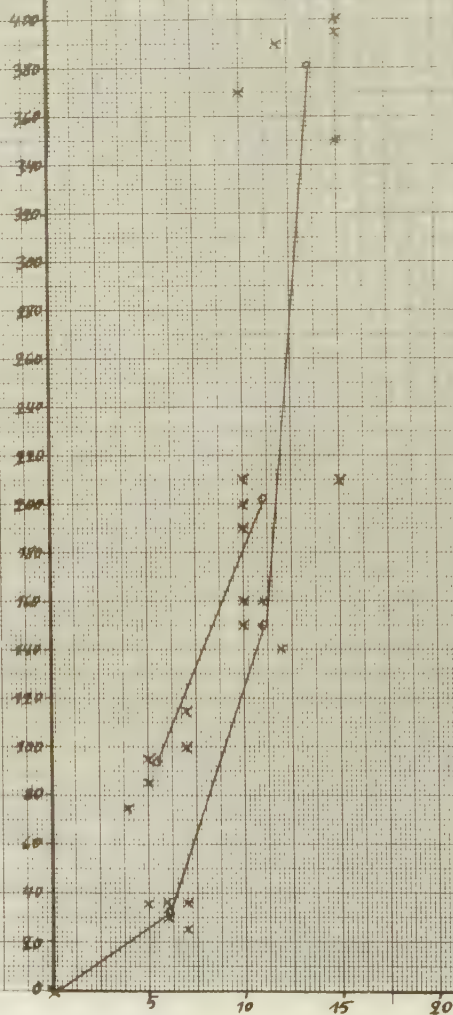
A



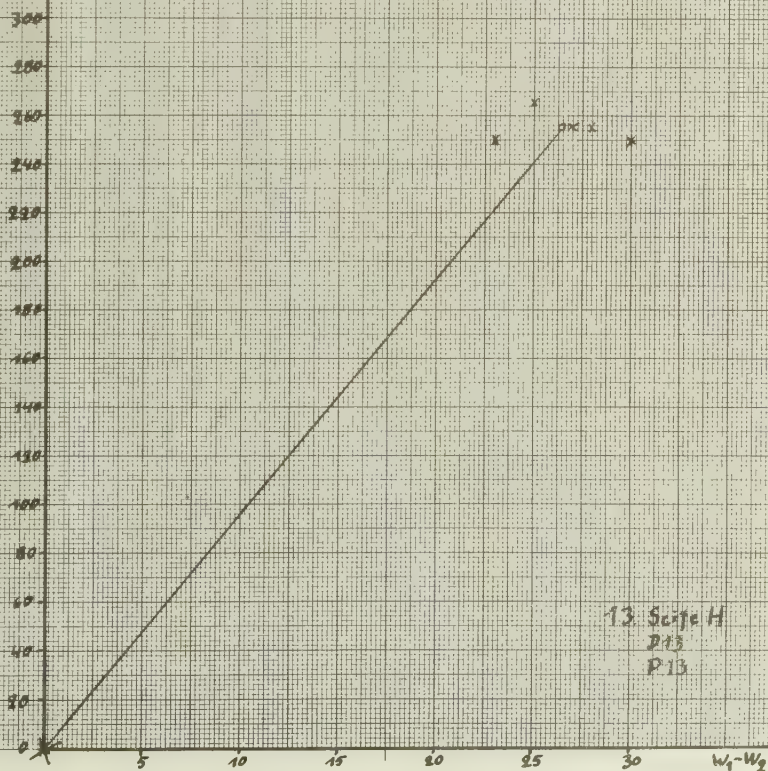
SH-W₁

- 112 -

A



12. Pastak
D18
P12

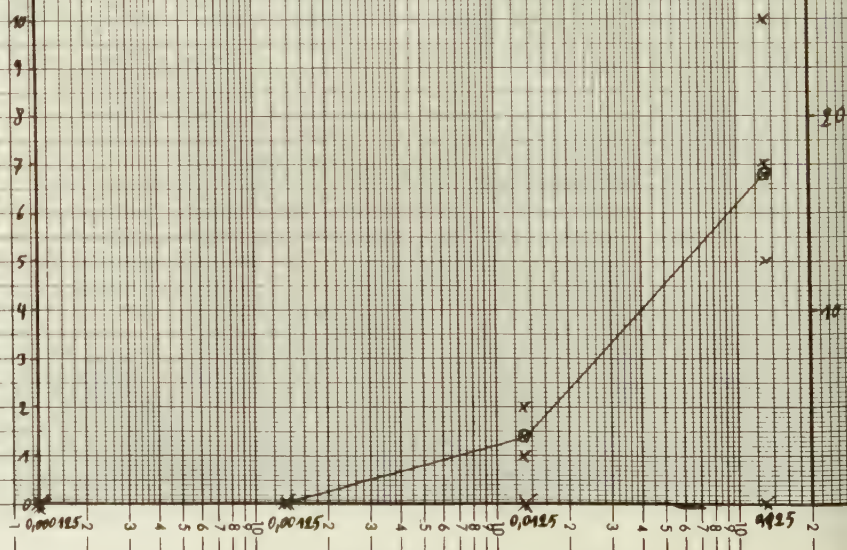


$S_{H1} - W_1$

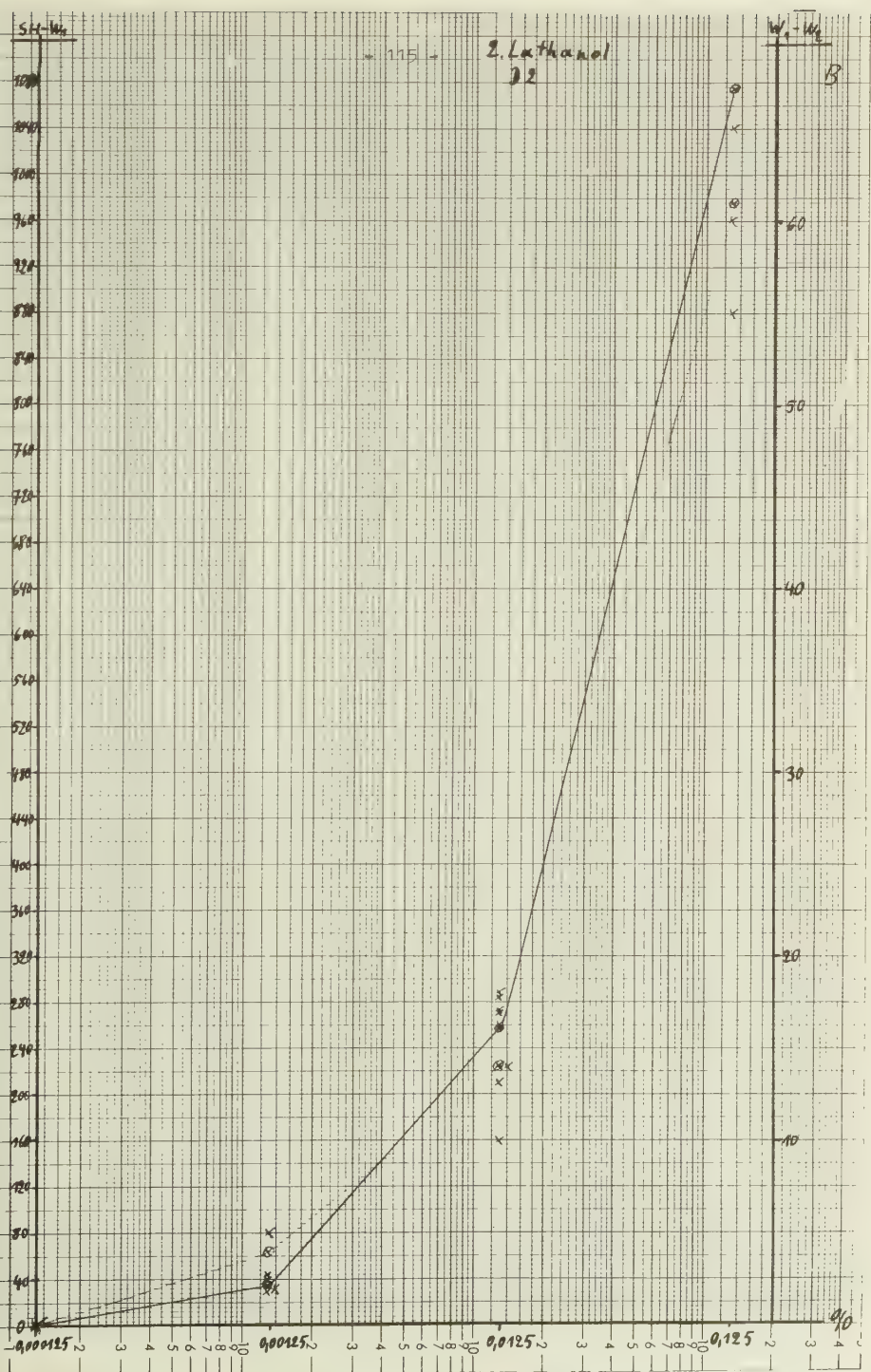
$W_2 - W_1$

- 174 -

1. Ascarbypalmitat
D1



- 115 -
2. Lathanol
D.2

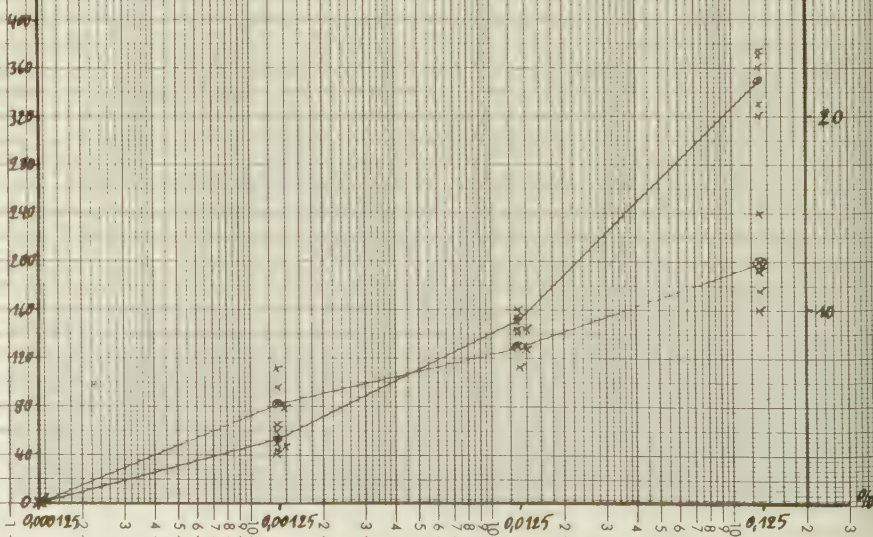


SH-W₂

- 115 -

3. Sachverständigenrat
23W₂-W₃

B



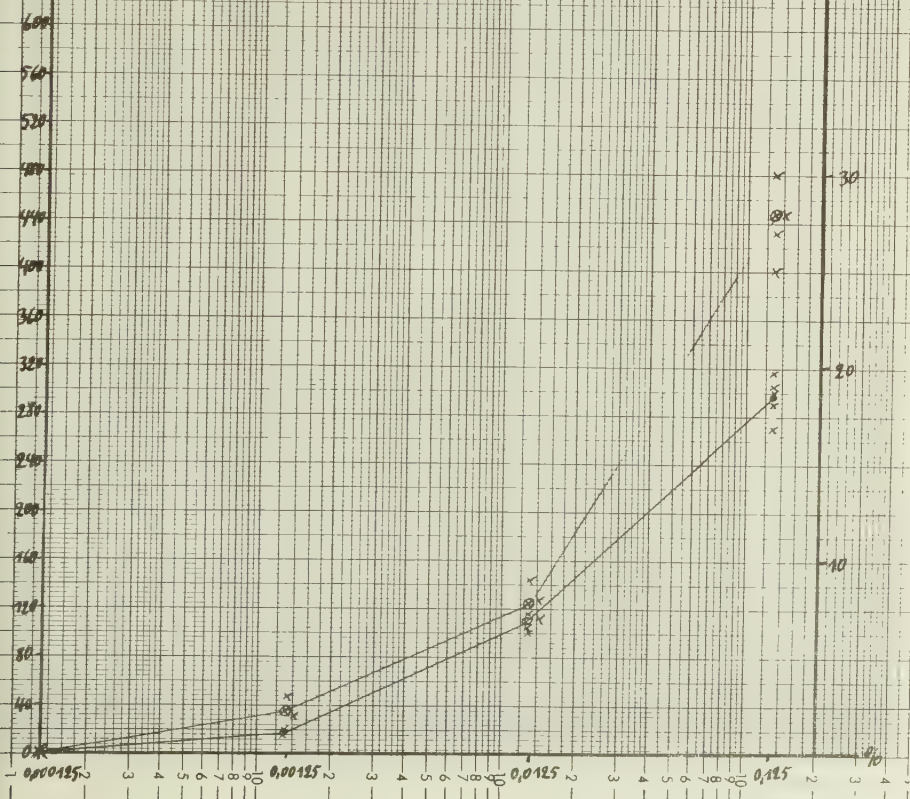
SH-W₀

4. Lomaxson
34

W₀, W₀

B

- 1177 -



SH-W₂

5. Sarcosyl
25

W₂-W₂

6

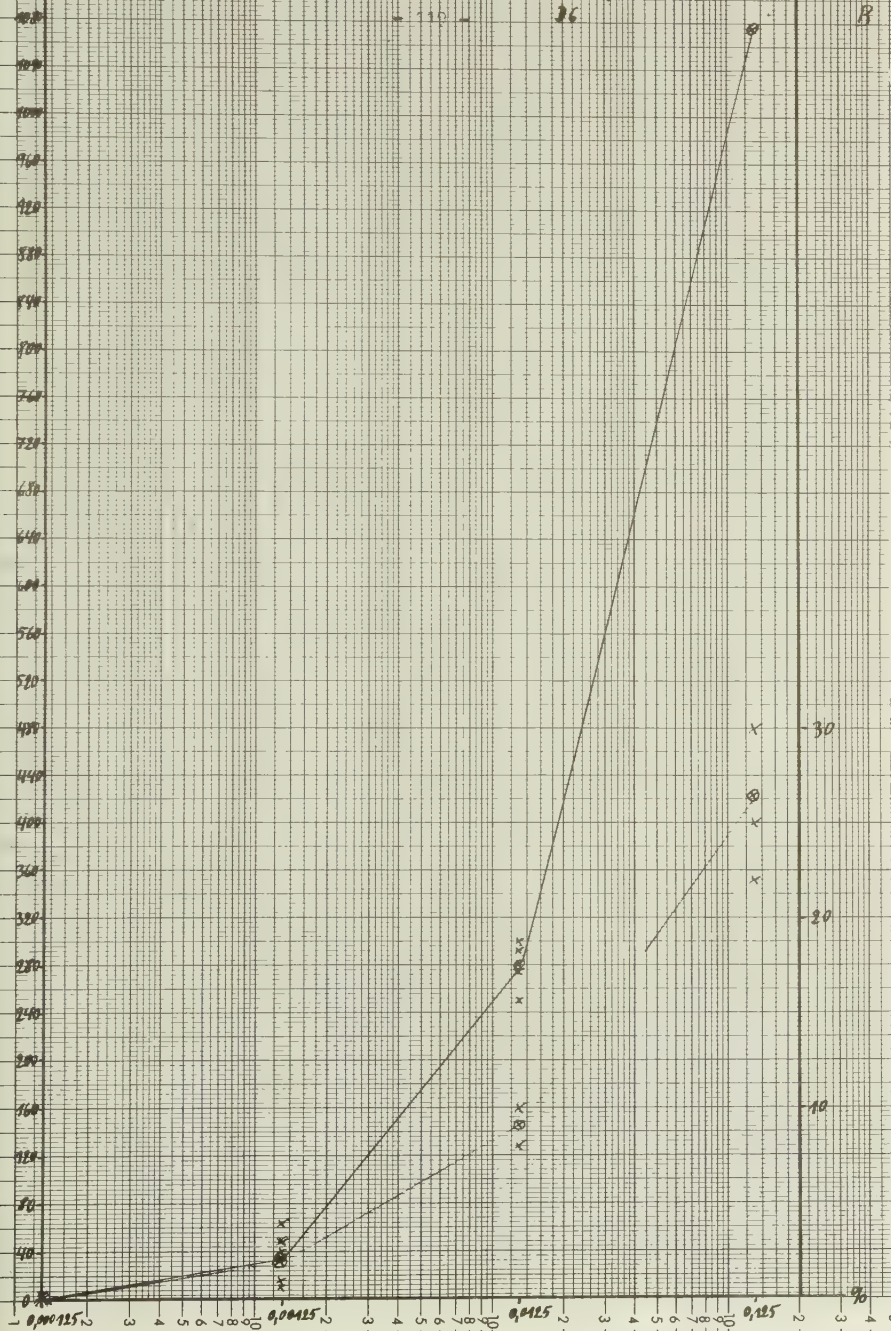


54-144

6. Техарон
36

[illegible]

序



SH W₂

- 120 -

F. Elfmund Rf
27W₁ + W₂

B

400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
020
10
00%
0,000125 0,00125 0,0125 0,125 %

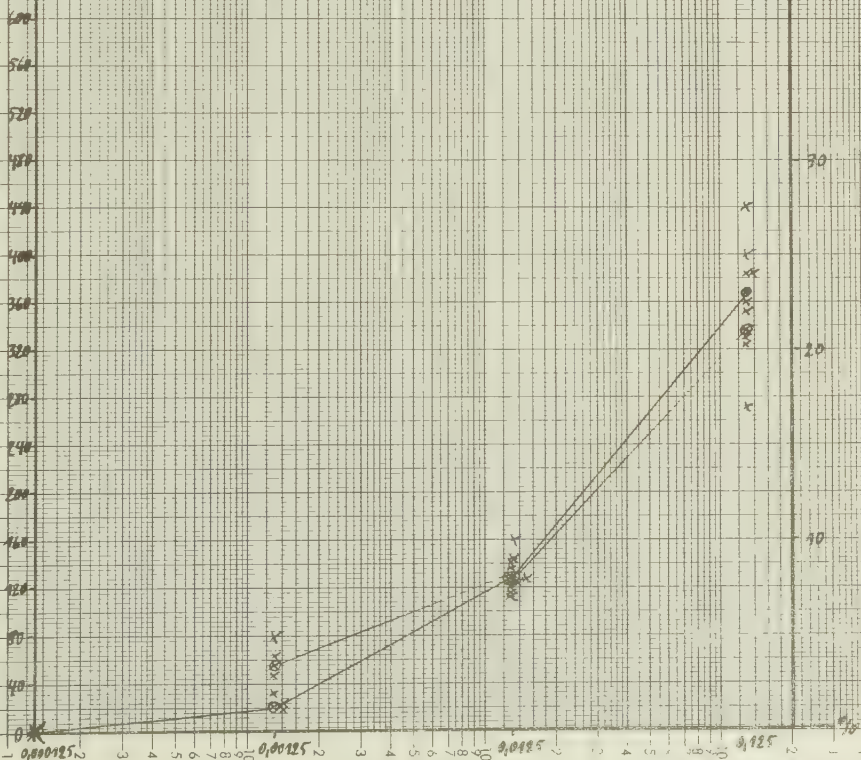
SW-W₁

- 127 -

8. Houston KA
D3

W₁ W₂

B



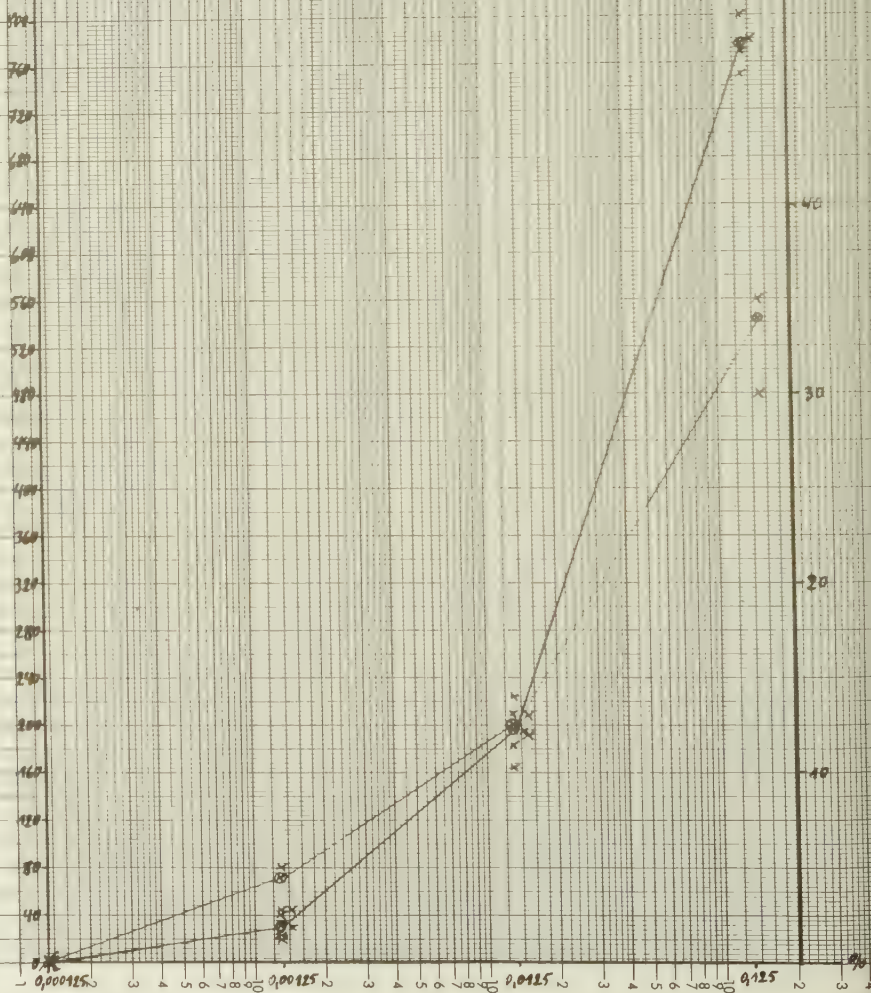
544 W.

9. Hostapom. KTW
29

卷之四

55

— 122 —



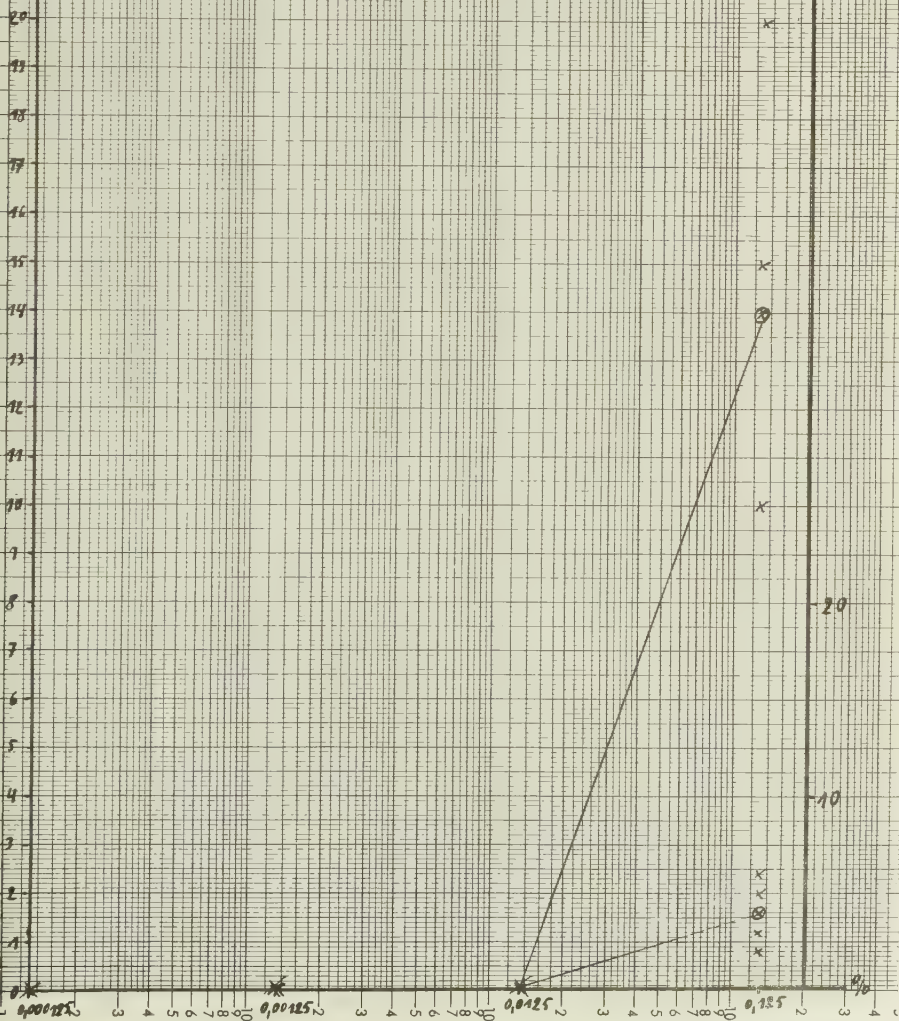
SH-W₀

- 1213 -

10 Türkischherdöl
D 10

W₀-W₀

B



SH-Wa

11. Steinhöl
D 11

W₁-W₂
70

B

600
560
520
480
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0

60
50
40
30
20
10
0

0,000125 0,00125 0,0125 0,125



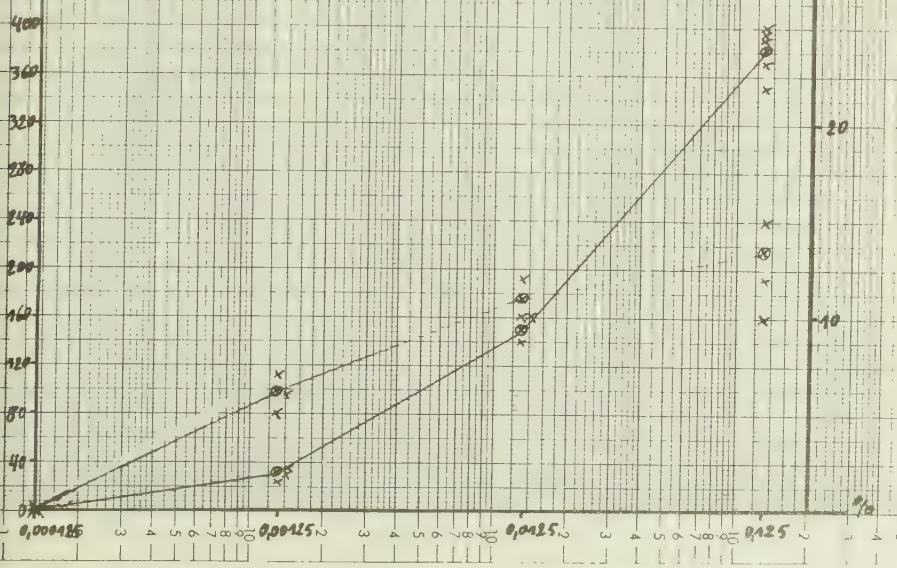
SH-W₀

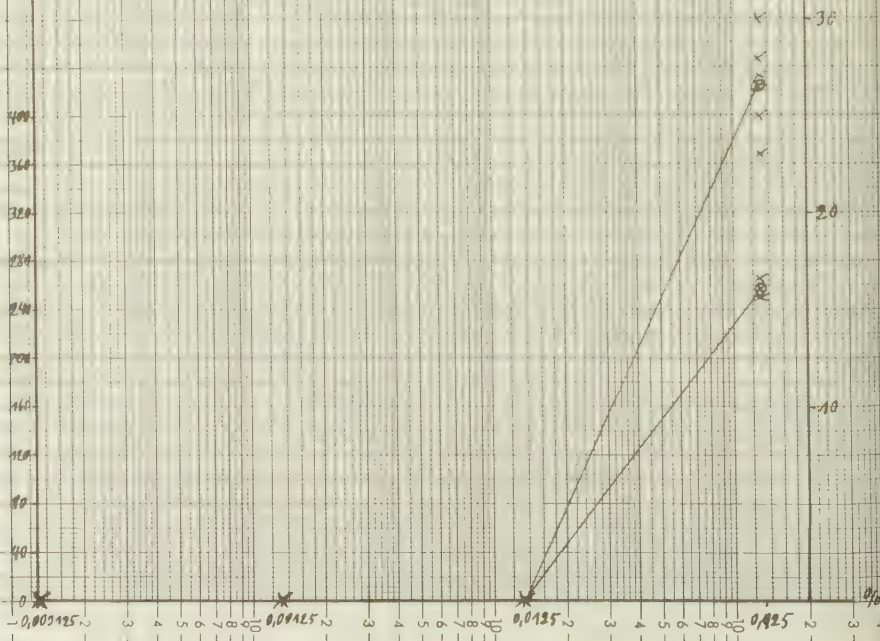
105

12. Part 1 X
7.12

W₁-W₂

B





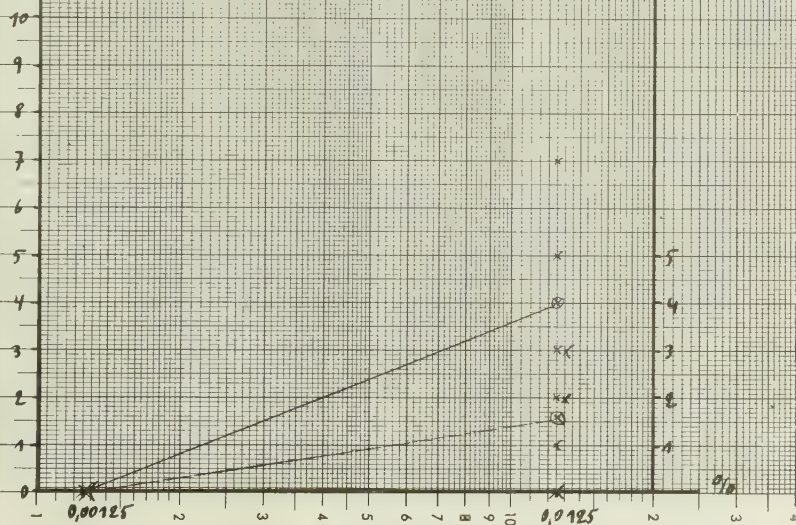
SH-W₂

- 122 -

1. Ascorbylpalmitat
P. 1

W₁-W₂

C



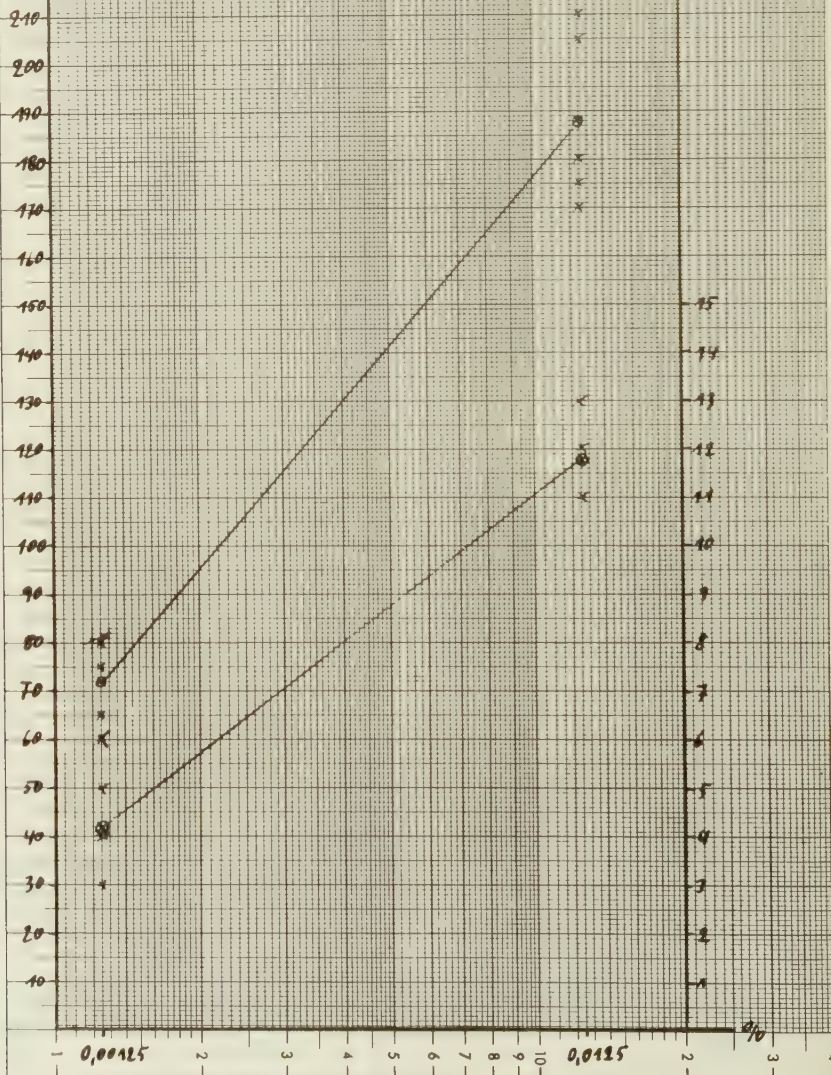
SH-W₂

128

2. Lanthanol
P2

W₁-W₂

C



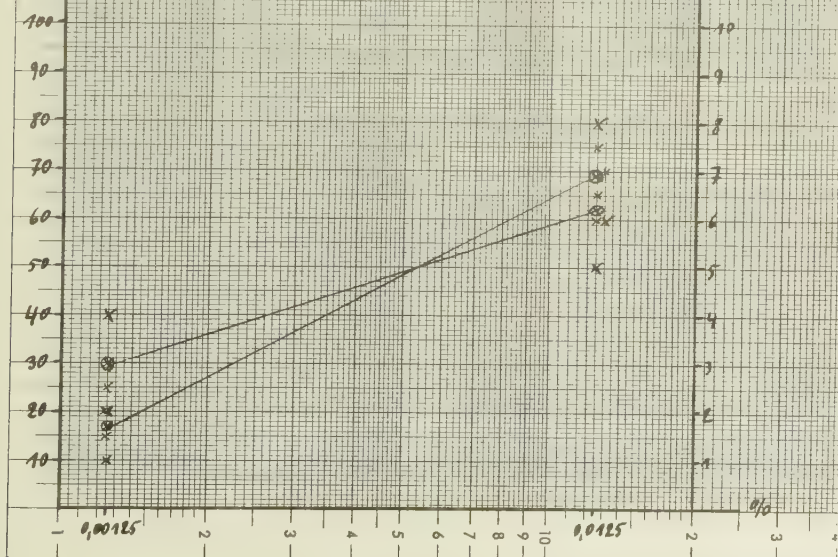
SH-W₀

- 129 -

3. Saccharoselektat
R₃

W₁-W₂

C



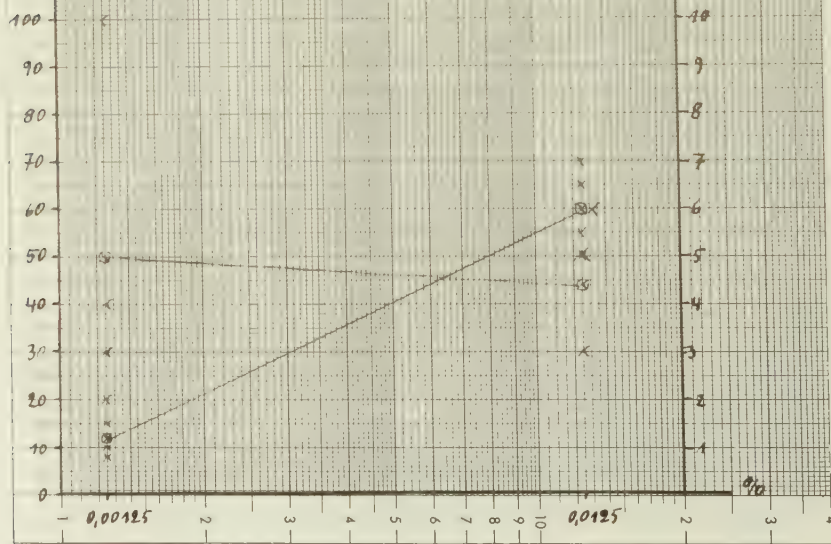
$SH - W_1$

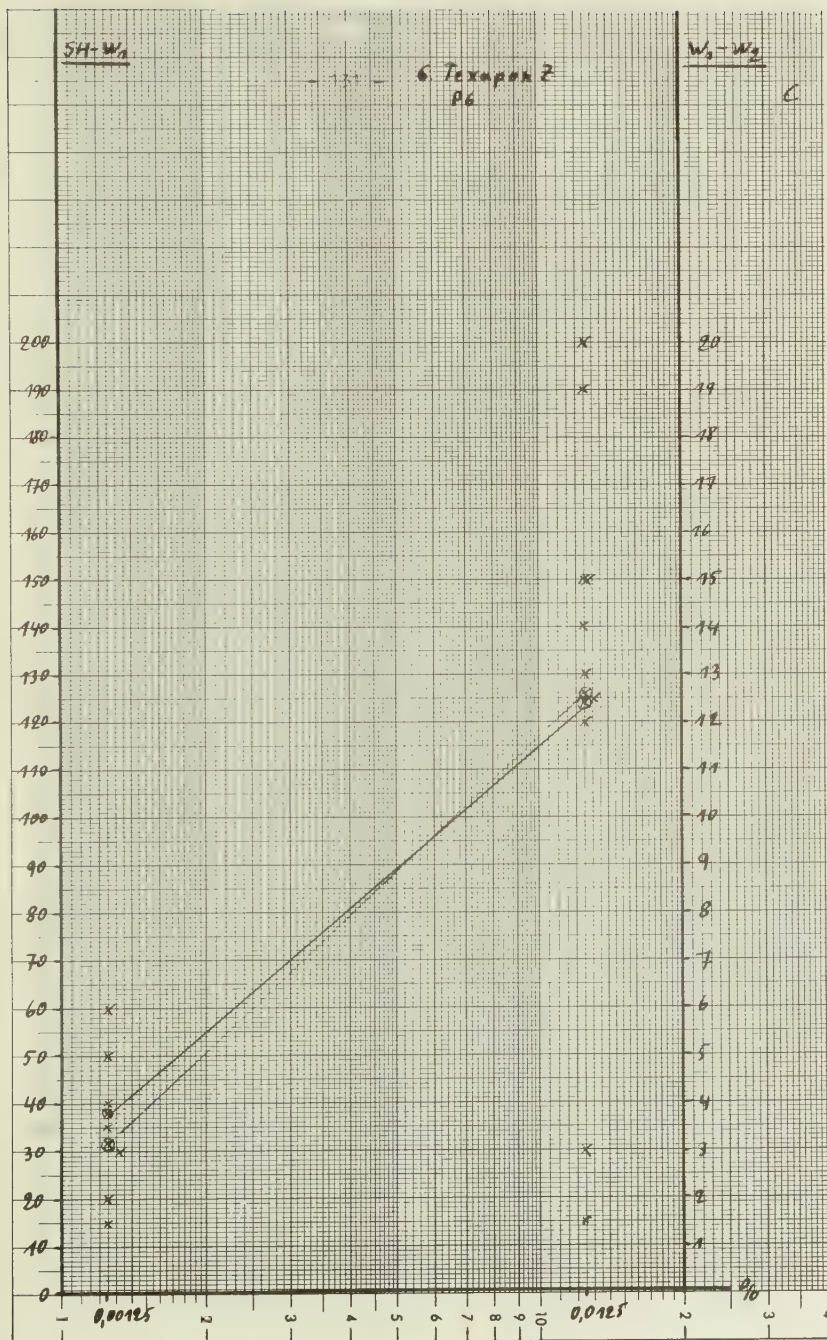
- 139 -

4. Lamepon
04

$W_2 - W_1$

C





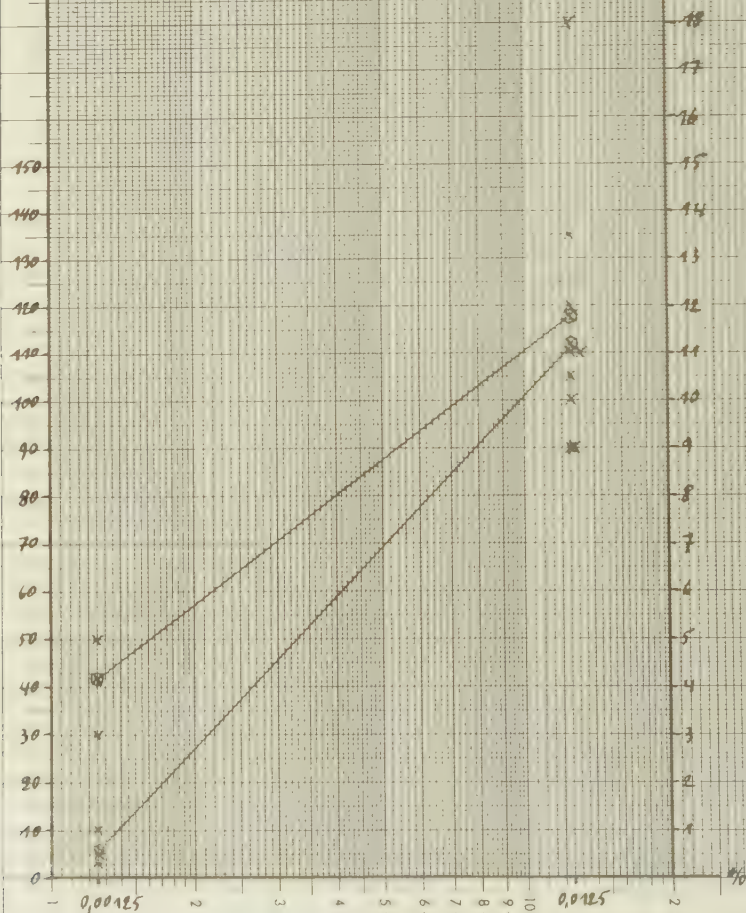
$S_H - W_H$

- 132 -

F. Eljamael R1
P.F.

$W_1 - W_2$

C



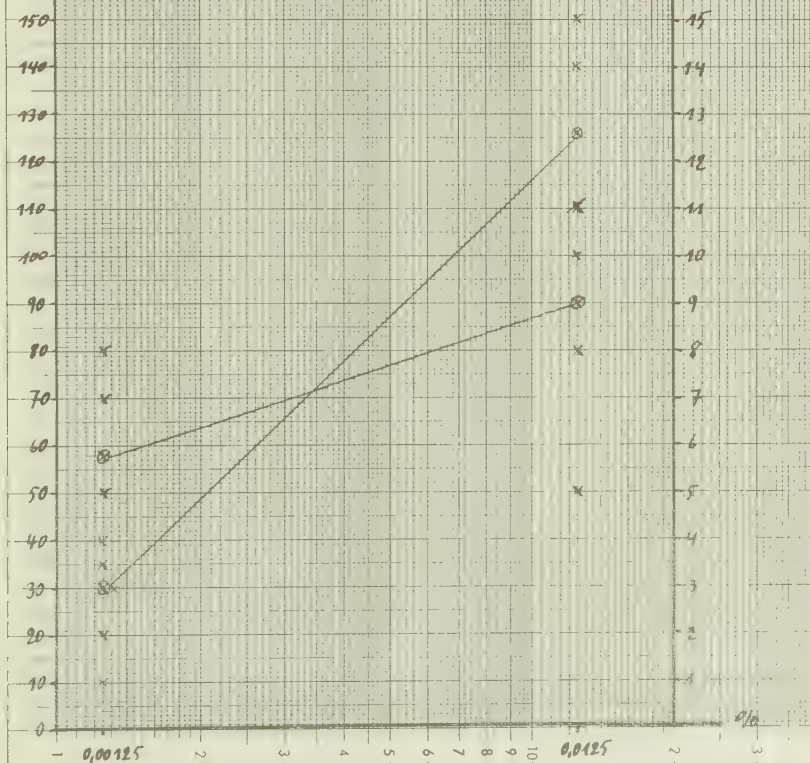
SH-W₂

- 133 -

8. Hestapen KA
P.8

W₂-W₂

C



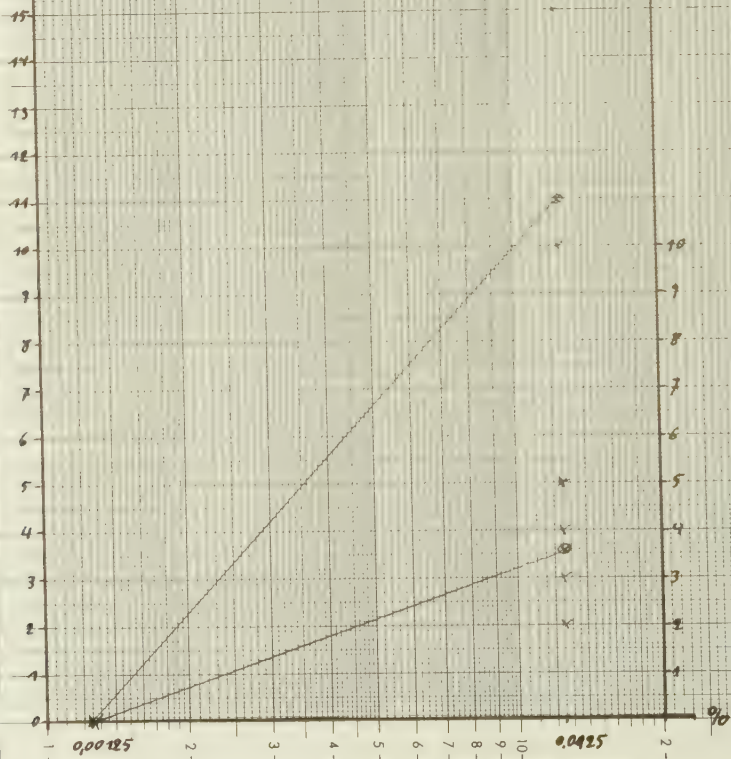
SH-W₁

- 8911 -

10. Türkschrotöl
P10

W₁-W₂

C



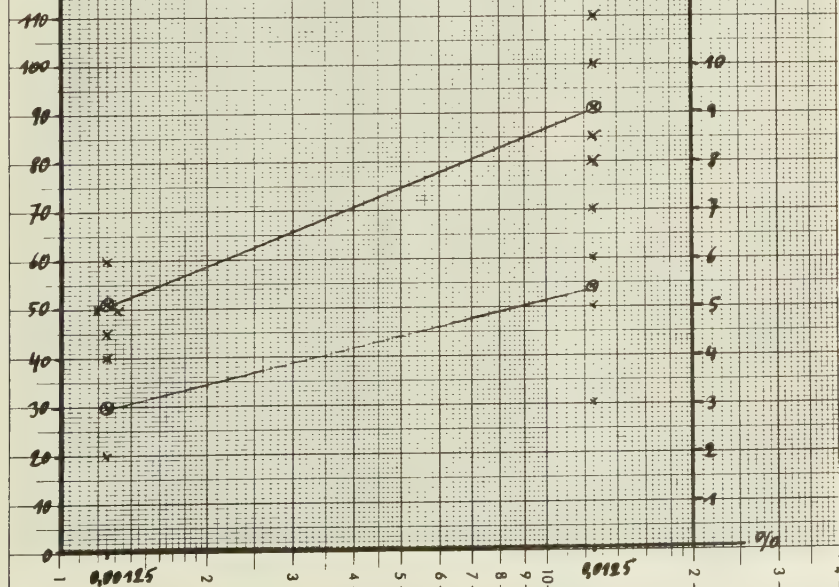
SH-W₂

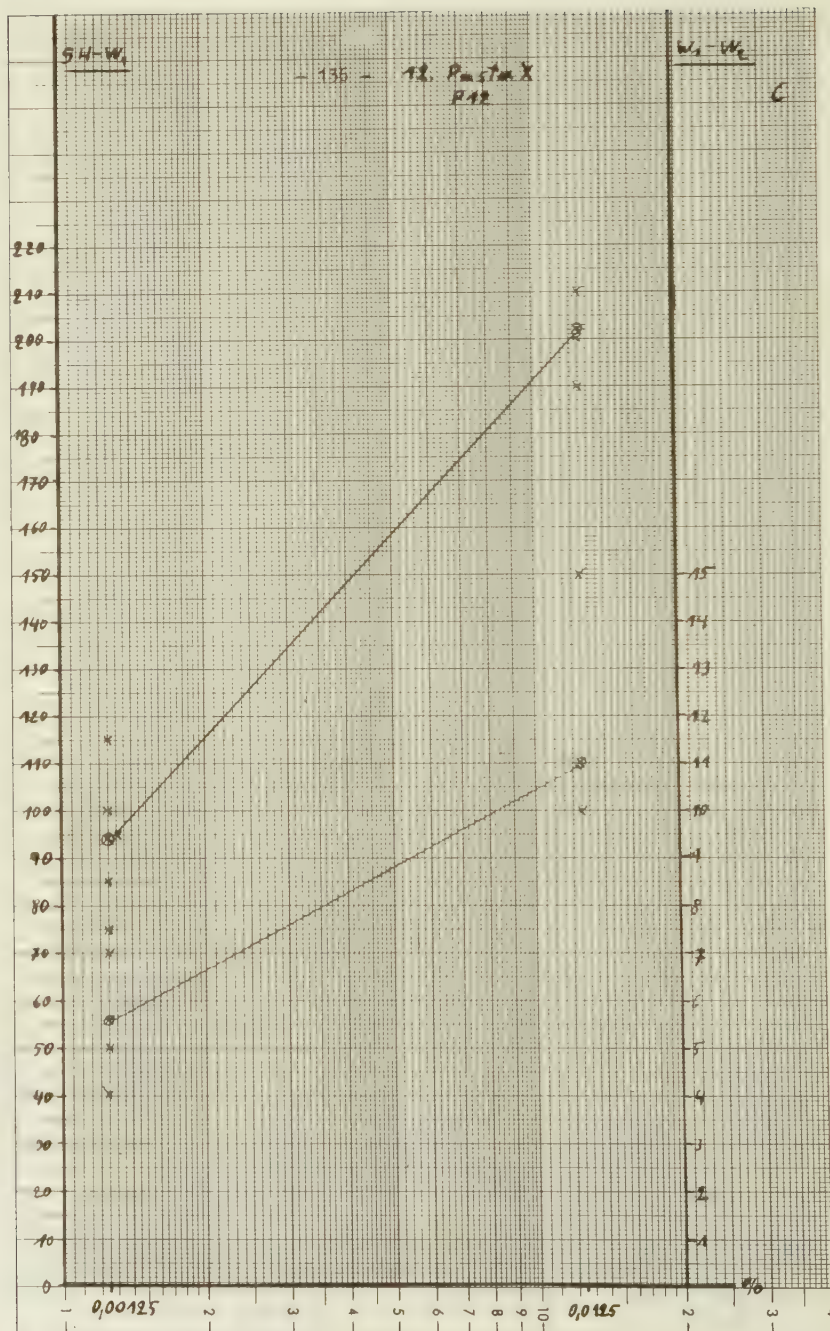
- 195 -

Pl. Steinmetz
P. 41

W₂-W₄

C





SH-W₁

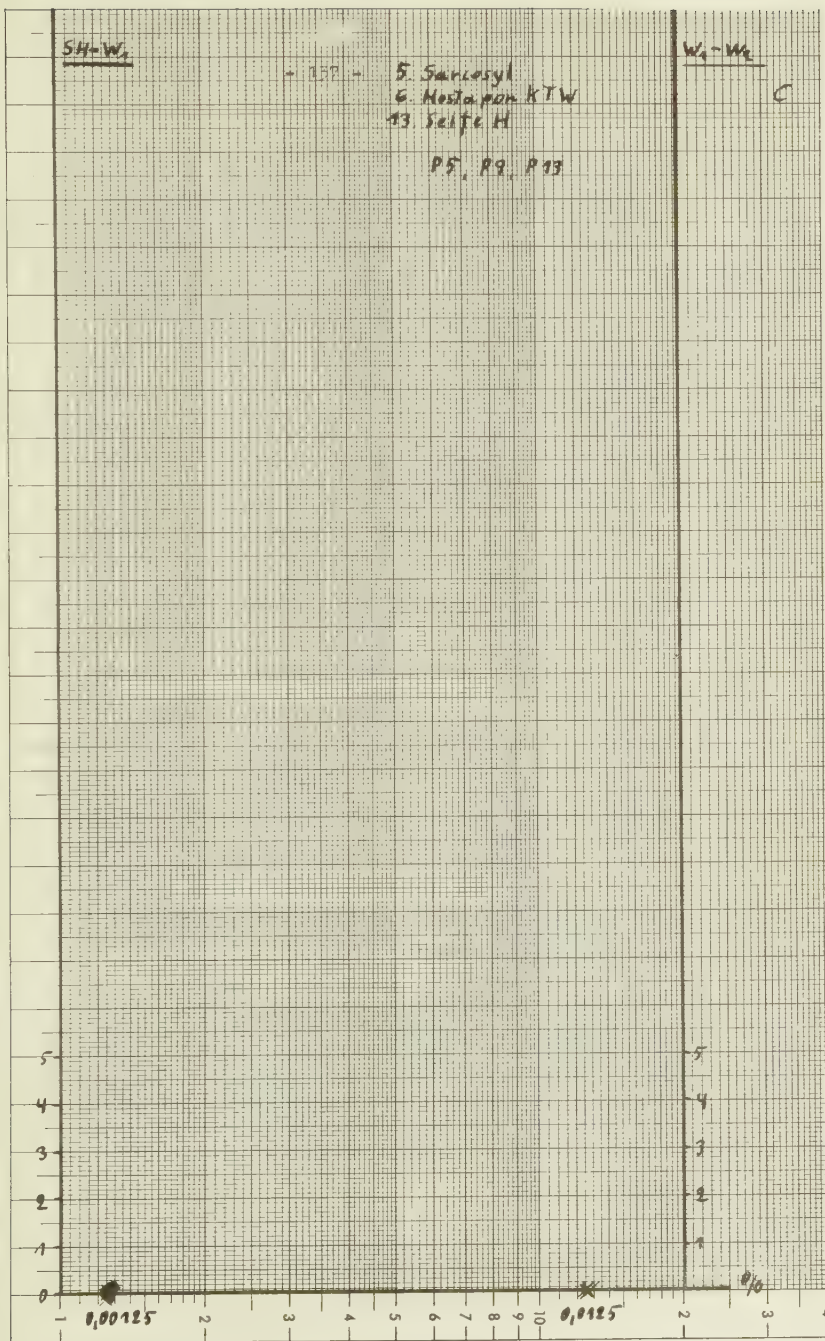
- 157 -

5. Sauresyl
6. Mostapen KTW
13. Seite H

P5, P9, P13

W₁-W₂

C



Statistische Auswertung der Tabellen

Seite

A. Vergleich der Substanzen untereinander nach dem Kruskal-Wallis-Test

1.	13 Detergentien	0,00125 %	SH-W ₁	139
2.	"	"	W ₁ -W ₂	140
3.	"	0,0125 %	SH-W ₁	141
4.	"	"	W ₁ -W ₂	142
5.	"	0,125 %	SH-W ₁	143
6.	"	"	W ₁ -W ₂	144
7.	13 Standardpasten	0,05 %	SH-W ₁	145
8.	"	"	W ₁ -W ₂	146
9.	"	0,5 %	SH-W ₁	147
10.	"	"	W ₁ -W ₂	148
11.	22 Handelspasten 650ml Kolben		SH-W ₁	149-150
12.	"	"	W ₁ -W ₂	151-152
13.	6 Handelspasten 1275ml Kolben		SH-W ₁	153
14.	"	"	W ₁ -W ₂	153

B. Vergleich der Detergentien und Standardpasten nach dem Mann-Whitney-Test

1.	13 Detergentien 0,00125 %	
	13 Standardpasten 0,05 %	154-166
2.	13 Detergentien 0,0125 %	
	13 Standardpasten 0,5 %	154-166

W = Wert

R = Rang

T = Rangsumme

P = Irrtumswahrscheinlichkeit

		1	2	3	4	5
D1	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D2	W	30	30	45	35	40
	R	46	46	60	51	56
D3	W	50	60	45	65	40
	R	62,5	64	60	65	56
D4	W	20	20	15	15	15
	R	33,5	33,5	28,5	28,5	28,5
D5	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D6	W	35	10	40	50	40
	R	51	26	56	62,5	56
D7	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D8	W	25	25	20	25	20
	R	40	40	33,5	40	33,5
D9	W	40	25	45	20	30
	R	56	40	60	33,5	46
D10	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D11	W	25	15	30	20	25
	R	40	28,5	46	33,5	40
D12	W	30	25	35	35	35
	R	46	40	51	51	51
D13	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13

Detergens

0,00125 %

SH-W₁

T = 54,9

P < 1 %

		1	2	3	4	5
D1	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D2	W	5	2	4	4	4
	R	51,5	31	42,5	42,5	42,5
D3	W	5	5	3	6	7
	R	51,5	51,5	37	59,5	63,5
D4	W	2	2	3	2	2
	R	31	31	37	31	31
D5	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D6	W	3	2	4	1	1
	R	37	31	42,5	26,5	26,5
D7	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D8	W	4	2	5	4	3
	R	42,5	31	51,5	42,5	37
D9	W	5	5	5	5	3
	R	51,5	51,5	51,5	51,5	37
D10	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
D11	W	5	5	6	7	5
	R	51,5	51,5	59,5	63,5	51,5
D12	W	6	7	6	5	7
	R	59,5	63,5	59,5	51,5	63,5
D13	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13

Detergers

0,00125 %

$W_1 - W_2$

$T = 55,6$

$P < 1 \%$

		1	2	3	4	5
D1	W	1	1	2	1	2
	R	12	12	14,5	12	14,5
D2	W	260	210	285	270	260
	R	58,5	54,5	63	60	58,5
D3	W	150	140	150	165	155
	R	42,5	37	42,5	50	45,5
D4	W	100	105	110	115	115
	R	26	27	28	30	30
D5	W	25	15	10	20	20
	R	20,5	17	16	18,5	18,5
D6	W	300	250	275	290	280
	R	65	57	61	64	62
D7	W	40	40	30	45	25
	R	23,5	23,5	22	25	20,5
D8	W	120	140	115	125	135
	R	32	37	30	33	34
D8	W	225	195	210	165	185
	R	56	53	54,5	50	52
D10	W	0	0	0	0	0
	R	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
D11	W	145	165	140	155	150
	R	40	50	37	45,5	42,5
D12	W	150	140	160	160	140
	R	42,5	37	47,5	47,5	37
D13	W	0	0	0	0	0
	R	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Detergens

0,0125 %

SH-W₁

T = 62,3

P < 1 %

		1	2	3	4	5
	W	0	0	0	0	0
D1	R	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
	W	10	18	17	10	14
D2	R	45,5	65	64	45,5	61
	W	10	9	7	7	8
D3	R	45,5	39	28,5	28,5	34
	W	8	7	9	7	8
D4	R	34	28,5	39	28,5	34
	W	0	0	0	0	0
D5	R	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
	W	10	8	9	9	10
D6	R	45,5	34	39	39	45,5
	W	6	5	6	5	5
D7	R	24,5	22	24,5	22	22
	W	9	8	7	10	7
D8	R	39	34	28,5	45,5	28,5
	W	13	12	13	12	12
D9	R	58	53	58	53	53
	W	0	0	0	0	0
D10	R	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
	W	15	15	13	13	13
D11	R	62,5	62,5	58	58	58
	W	10	12	11	10	12
D12	R	45,5	53	50	45,5	53
	W	0	0	0	0	0
D13	R	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5

Detergens

0,0125 %

$W_1 - W_2$

$T = 58,7$

$P < 1 \%$

		1	2	3	4	5
D1	W	5	7	10	5	7
	R	1,5	3,5	6	1,5	3,5
D3	W	370	330	320	375	360
	R	38,5	33,5	31	40	36,5
D4	W	270	300	305	315	290
	R	24,5	28	29	30	26,5
D5	W	290	260	270	255	230
	R	26,5	22	24,5	20	16
D7	W	150	150	160	155	165
	R	11,5	11,5	14	13	15
D8	W	385	440	360	325	330
	R	41	45	36,5	32	33,5
D10	W	15	10	20	10	15
	R	8,5	6	10	6	8,5
D12	W	350	395	390	400	370
	R	35	43	42	44	38,5
D13	W	250	250	265	255	255
	R	17,5	17,5	23	20	20
D2	W	1075	1075	1075	1075	1075
	R	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
D6	W	1075	1075	1075	1075	1075
	R	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
D9	W	780	750	780	800	770
	R	8,5	6	8,5	10	7
D11	W	550	530	500	510	540
	R	5	3	1	2	4

Detergens

0,125 %

SH-W₁

650 ml Kolben

T = 41,8

P < 1 %

1275 ml Kolben

T = 16,0

P > 1 %

		1	2	3	4	5
D1	W	0	0	0	0	0
	R	3	3	3	3	3
D3	W	15	11	10	15	12
	R	24	14	12	24	16
D4	W	27	28	30	30	25
	R	39,5	41,5	44	44	37
D5	W	15	10	15	13	12
	R	24	12	24	28,5	16
D7	W	13	16	16	17	14
	R	18,5	28,5	28,5	31	20
D8	W	24	25	17	22	17
	R	35	37	31	33	31
D10	W	3	4	2	5	6
	R	7	8	6	9	10
D12	W	15	15	12	15	10
	R	24	24	16	24	12
D13	W	30	23	25	27	28
	R	44	34	37	39,5	41,5
D2	W	60	60	65	55	65
	R	13,5	13,5	17,5	11	17,5
D6	W	30	22	25	25	30
	R	5	1	2,5	2,5	5
D9	W	30	35	35	35	35
	R	5	8,5	8,5	8,5	8,5
D11	W	65	65	60	60	70
	R	17,5	17,5	13,5	13,5	20

Detergens

0,125 %

$W_1 - W_2$

650 ml Kolben

$T = 40,0$

$P < 1 \%$

1275 ml Kolben

$T = 16,0$

$P > 1 \%$

		1	2	3	4	5
P1	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P2	W	65	60	80	75	80
	R	57	55	60,5	58,5	60,5
P3	W	20	15	10	15	25
	R	40,5	37,5	33	37,5	42
P4	W	10	8	20	8	15
	R	33	29,5	40,5	29,5	37,5
P5	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P6	W	40	15	50	35	50
	R	48	37,5	52	45	52
P7	W	5	5	10	3	10
	R	27,5	27,5	33	26	33
P8	W	35	35	10	40	30
	R	45	45	33	48	43
P9	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P10	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P11	W	45	60	60	50	40
	R	50	55	55	52	48
P12	W	95	85	75	115	100
	R	63	62	58,5	65	64
P13	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13

Standardpasten

0,05 %

SH-W₁

T = 58,7

P < 1 %

		1	2	3	4	5
P1	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P2	W	5	4	6	3	3
	R	53	46,5	58,5	38	38
P3	W	4	3	3	3	2
	R	46,5	38	38	38	28,5
P4	W	5	10	3	4	3
	R	53	65	38	46,5	38
P5	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P6	W	3	2	6	2	3
	R	38	28,5	58,5	28,5	38
P7	W	3	3	5	5	5
	R	38	38	53	53	53
P8	W	7	8	2	7	5
	R	61,5	64	28,5	61,5	53
P9	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P10	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13
P11	W	3	3	2	5	2
	R	38	38	28,5	53	28,5
P12	W	5	5	4	7	7
	R	53	53	46,5	61,5	61,5
P13	W	0	0	0	0	0
	R	13	13	13	13	13

Standardpasten

0,05 %

$W_1 - W_2$

$T = 50,3$

$P < 1 \%$

		1	2	3	4	5
P1	W	5	3	7	3	2
	R	19,5	17,5	21	17,5	16
P2	W	210	180	170	175	205
	R	63	57	55	56	62
P3	W	75	70	75	65	60
	R	35,5	33,5	35,5	31,5	29,5
P4	W	70	55	60	50	65
	R	33,5	28	29,5	27	31,5
P5	W	0	0	0	0	0
	R	8	8	8	8	8
P6	W	125	140	190	150	15
	R	48	50,5	58,5	53	25
P7	W	135	120	110	105	90
	R	49	47	45	43	41
P8	W	80	110	140	150	150
	R	37,5	45	50,5	53	53
P9	W	0	0	0	0	0
	R	8	8	8	8	8
P10	W	10	15	15	10	5
	R	22,5	25	25	22,5	19,5
P11	W	90	90	85	80	110
	R	41	41	39	37,5	45
P12	W	200	210	190	200	210
	R	60,5	63	58,5	60,5	63
P13	W	0	0	0	0	0
	R	8	8	8	8	8

Standardpasten

0,5 %

SH-W₁

T = 59,1

P < 1 %

		1	2	3	4	5
P1	W	1	3	2	0	2
	R	17	23,5	19	8,5	10
P2	W	12	11	11	12	13
	R	50	54	54	53	60,5
P3	W	5	6	6	6	6
	R	31,5	37,5	37,5	37,5	42
P4	W	5	3	5	3	6
	R	31,5	23,5	31,5	23,5	37,5
P5	W	0	0	0	0	0
	R	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
P6	W	13	12	15	20	3
	R	60,5	50	62,5	65	23,5
P7	W	11	10	0	11	10
	R	54	48	43,5	54	64
P8	W	5	10	11	0	10
	R	31,5	40	54	43,5	48
P9	W	0	0	0	0	0
	R	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
P10	W	4	5	3	2	4
	R	27,5	31,5	19	23,5	27,5
P11	W	3	5	0	6	7
	R	23,5	31,5	37,5	37,5	41
P12	W	10	10	10	10	15
	R	48	48	48	48	62,5
P13	W	0	0	0	0	0
	R	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5

Standardcasten

0,5 %

$W_1 - W_2$

$T = 55,7$

$P < 1 \%$

		1	2	3	4	5
Z1	W	120	130	115	120	125
	R	53,5	57	51,5	53,5	55,5
Z4	W	155	165	150	150	145
	R	65	70,5	62,5	62,5	60
Z6	W	125	115	100	95	110
	R	55,5	51,5	47	44,5	49,5
Z7	W	175	215	185	160	160
	R	72	78	75	68	68
Z8	W	0	0	0	0	0
	R	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Z9	W	70	90	80	35	45
	R	37	43	40,5	24,5	27
Z10	W	400	410	420	440	410
	R	105	106,5	108	109	106,5
Z11	W	315	280	300	290	290
	R	93	86	90	88,5	88,5
Z13	W	25	15	10	10	15
	R	21,5	18	15	15	18
Z14	W	350	310	350	320	325
	R	102,5	92	102,5	95,5	99
Z15	W	15	10	3	7	5
	R	18	15	11	13	12

Handelszahnpasten

SH-W₁

650 ml Kolben

Fortsetzung Seite 150

		1	2	3	4	5
Z16	W	100	85	50	60	70
	R	47	42	29,5	33,5	37
Z17	W	0	0	0	0	0
	R	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Z18	W	180	160	140	100	80
	R	73,5	68	58	47	40,5
Z19	W	190	270	250	190	275
	R	76	83,5	79	73,5	85
Z21	W	35	45	20	45	30
	R	24,5	27	20	27	23
Z22	W	55	50	55	60	70
	R	31,5	29,5	31,5	33,5	37
Z23	W	260	210	260	295	255
	R	81,5	77	81,5	87	80
Z24	W	325	320	320	305	325
	R	99	95,5	95,5	91	99
Z25	W	320	330	270	375	450
	R	95,5	101	83,5	104	110
Z27	W	145	145	155	155	165
	R	60	60	65	65	70,5
Z28	W	65	25	75	110	95
	R	35	21,5	39	49,5	44,5

Fortsetzung:

Handelszahn-
pasten

SH-W₁

650 ml Kolben

T = 106,1

P < 1 %

		1	2	3	4	5
Z1	W	10	11	11	12	8
	R	47,5	53	53	55	40,5
Z4	W	14	14	14	13	13
	R	61	61	61	57,5	57,5
Z6	W	8	10	7	8	8
	R	40,5	47,5	36	40,5	40,5
Z7	W	24	30	22	20	25
	R	84,5	103	79,5	73	91,5
Z8	W	0	0	0	0	0
	R	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Z9	W	5	13	5	5	7
	R	30,5	57,5	30,5	30,5	36
Z10	W	20	18	22	20	18
	R	73	67,5	79,5	73	67,5
Z11	W	22	30	27	25	30
	R	79,5	103	99	91,5	103
Z13	W	5	2	0	2	1
	R	30,5	19,5	8,5	19,5	17
Z14	W	27	32	30	22	23
	R	99	106,5	103	79,5	83
Z15	W	0	0	0	0	0
	R	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5

Handelszahl-

pasten

$W_1 - W_2$

650 ml Kolben

Fortsetzung Seite 152

		1	2	3	4	5
Z16	W	18	15	10	22	20
	R	67,5	63,5	47,5	79,5	73
Z17	W	0	0	0	0	0
	R	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Z18	W	17	13	10	10	8
	R	65	57,5	47,5	47,5	40,5
Z19	W	10	20	25	10	25
	R	47,5	73	91,5	47,5	91,5
Z21	W	5	5	3	4	5
	R	30,5	30,5	22,5	25	30,5
Z22	W	4	2	3	4	5
	R	25	10,5	22,5	25	30,5
Z23	W	25	18	25	22	24
	R	91,5	67,5	91,5	79,5	84,5
Z24	W	20	25	25	25	25
	R	73	91,5	91,5	91,5	91,5
Z25	W	35	15	20	25	25
	R	109	63,5	73	91,5	91,5
Z27	W	27	30	32	33	38
	R	99	103	106,5	108	110
Z28	W	7	2	8	11	10
	R	36	19,5	40,5	53	47,5

Fortsetzung:

Handelszahn-

pasten

$W_1 - W_2$

650 ml Kolben

$T = 90,0$

$P < 1 \%$

		1	2	3	4	5
Z2	W	890	1075	960	950	800
	R	19	27,5	23	22	15
Z3	W	680	670	800	750	740
	R	6	5	15	9,5	8
Z5	W	790	860	760	750	780
	R	13	18	11	9,5	12
Z12	W	800	920	900	850	990
	R	15	21	20	17	24
Z20	W	560	450	700	590	600
	R	2	1	7	3	4
Z26	W	1075	1075	1075	1075	1075
	R	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5

Handelszahn-
pasten

SH-W₁

1275 ml Kolben

T = 25,3

P > 1 %

		1	2	3	4	5
Z2	W	40	45	50	40	60
	R	5	8,5	13,5	5	25,5
Z3	W	55	65	70	65	60
	R	20,5	28,5	30	28,5	25,5
Z5	W	30	32	40	40	40
	R	1	2	5	5	5
Z12	W	45	50	50	50	50
	R	8,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Z20	W	60	50	55	55	60
	R	25,5	13,5	20,5	20,5	25,5
Z26	W	50	50	55	55	55
	R	13,5	13,5	20,5	20,5	20,5

Handelszahn-
pasten

W₁-W₂

1275 ml Kolben

T = 20,5

P > 1 %

1. Ascorbylpalmitat

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
1	2				0	3,5		
1	2				0	3,5		
1	2				0	3,5		
2	5				0	3,5		
2	5	2	5		0	3,5	0	3,5
		3	7,5				1	7
		3	7,5				2	8,5
		5	9				2	8,5
		7	10				3	10
		T = 39					T = 37,5	

0,00125 %

0,0125 %

2. Lathanol LAL

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
30	1,5				2	1		
30	1,5						3	2,5
35	3						3	2,5
40	4				4	5,5	4	5,5
45	5				4	5,5		
		60	6		4	5,5		
		65	7		5	8,5	5	8,5
		75	8				6	10
		80	9,5					
		80	9,5					
		T = 40					T = 29	
		170	1		10	1,5		
		175	2		10	1,5		
		180	3				11	3,5
		205	4				11	3,5
210	5,5	210	5,5				12	5,5
260	7,5						12	5,5
270	9				14	8		
285	10				17	9		
					18	10		
T = 39,5					T = 30			

0,00125 %

0,0125 %

3. Saccharoselaurat

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
		10	1				2	1
		15	2,5		3	3,5	3	3,5
		15	2,5				3	3,5
		20	4				3	3,5
		25	5				4	6
40	6				5	7,5		
45	7				5	7,5		
50	8				6	9		
60	9				7	10		
65	10							
T = 40					T = 37,5			
		60	1				5	1
		65	2				6	3
		70	3				6	3
		75	4,5				6	3
		75	4,5		7	5,5		
140	6				7	5,5		
150	7,5				8	7,5	3	7,5
150	7,5				9	9		
155	9				10	10		
165	10							
T = 40					T = 37,5			

0,00125 %

0,0125 %

4. Lamepon

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
15	5,5	8	1,5		2	2,5	3	6
		8	1,5		2	2,5		
		10	3		2	2,5		
		15	5,5		2	2,5		
					3	6		
15	5,5						3	6
20	9	20	9				4	8
20	9						5	9
T = 34,5							T = 39	
100	6	50	1		7	6,5	3	1,5
		55	2				3	1,5
		60	3				5	3,5
		65	4				5	3,5
		70	5				6	5
105	7				7	6,5		
110	8				8	8,5		
115	9,5				8	8,5		
115	9,5				9	10		
T = 40					T = 40			

0,00125 %

0,0125 %

5. Sarcosyl NL

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
		0	3		0		0	
		0	3		0		0	
		0	3		0		0	
		0	3		0		0	
		0	3		0		0	
10	6							
15	7							
20	8,5							
20	8,5							
25	10							
T = 40								

0,00125 %

0,0125 %

6. Texapon Z

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
10	1				1	1,5		
		15	2		1	1,5		
35	3,5	35	3,5		2	4	2	4
40	6						2	4
40	6	40	6		3	7	3	7
50	9	50	9				3	7
		50	9		4	9		
							6	10
		T = 29,5					T = 32	
		15	1				3	1
		125	2		3	2		
		140	3		9	3,5		
		150	4		9	3,5		
		190	5		10	5,5		
250	6				10	5,5		
275	7						12	7
280	8						13	8
290	9						15	9
300	10						20	10
T = 40							T = 35	

0,00125 %

0,0125 %

7. Elfanol R1

SH-W ₁				W ₁ -W ₁			
Deterg.		Paste		Deterg.		Paste	
W	R	W	R	W	R	W	R
0	3			0	3		
0	3			0	3		
0	3			0	3		
0	3			0	3		
0	3			0	3		
		3	6			3	6,5
		5	7,5			3	6,5
		5	7,5			5	9
		10	9,5			5	9
		10	9,5			5	9
		T = 40				T = 40	
25	1			5	2		
30	2			5	2		
40	3,5			5	2		
40	3,5			6	4,5		
45	5			6	4,5		
		90	6			9	6
		105	7			10	7
		110	8			11	8,5
		120	9			11	8,5
		135	10			13	10
		T = 40				T = 40	

0,00125 %

0,0125 %

8. Hostapon KA

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
20	2,5	10	1		2	1,5	2	1,5
20	2,5				3	3		
25	5				4	4,5		
25	5				4	4,5		
25	5				5	6,5	5	6,5
							7	8,5
		30	7				7	8,5
		35	8,5				8	10
		35	8,5					
		40	10					
		T = 35					T = 35	
		80	1				5	1
		110	2		7	2,5		
115	3				7	2,5		
120	4				8	4		
125	5				9	5,5	9	5,5
135	6				10	8	10	8
140	7,5	140	7,5				10	8
		150	9,5				11	10
		150	9,5					
		T = 29,5					T = 32,5	

0,00125 %

0,0125 %

9. Hostapon KTW neu

SE-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
		0	3				0	3
		0	3				0	3
		0	3				0	3
		0	3				0	3
		0	3				0	3
20	6				3	6		
25	7				5	8,5		
30	8				5	8,5		
40	9				5	8,5		
45	10				5	8,5		
T = 40					T = 40			
		0	3				0	3
		0	3				0	3
		0	3				0	3
		0	3				0	3
		0	3				0	3
165	6				12	7		
185	7				12	7		
195	8				12	7		
210	9				13	9,5		
225	10				13	9,5		
T = 40					T = 40			

0,00125 %

0,0125 %

10. Türkischrotöl

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0	3				0	3		
0	3				0	3		
0	3				0	3		
0	3				0	3		
0	3				0	3		
		5	6				2	6
		10	7,5				3	7
		10	7,5				4	8,5
		15	9,5				4	8,5
		15	9,5				5	10
		T = 40					T = 40	

0,00125 %

0,0125 %

11. Steinapol SEFA

SP-W ₁				W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste		Deterg.		Paste	
W	R	W	R	W	R	W	R
15	1					3	1,5
20	2					3	1,5
25	3,5					3	3,5
25	3,5					3	3,5
30	5			5	6,5	5	6,5
		40	6	5	6,5		
		45	7	5	6,5		
		50	8	6	9		
		60	9,5	7	10		
		60	9,5				
T = 40				T = 38,5			
		80	1			3	1
		85	2			5	2
		90	3,5			6	3,5
		90	3,5			6	3,5
		110	5			7	5
140	6			13	7		
145	7			15	7		
150	8			15	7		
155	9			15	9,5		
165	10			15	9,5		
T = 40				T = 40			

0,00125 %

0,0125 %

12. Pasta X

SH-W ₁				W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste		Deterg.		Paste	
W	R	W	R	W	R	W	R
25	1					4	1
30	2					5	3
35	4			5	3	5	3
35	4			6	5,5		
35	4			6	5,5		
		75	6	7	8,5	7	3,5
		85	7	7	8,5	7	8,5
		95	8				
		100	9				
		105	10				
		T = 40		T = 31			
140	1,5					10	3,5
140	1,5					10	3,5
150	3			10	3,5	10	3,5
160	4,5			10	3,5	10	3,5
160	4,5			11	7		
		190	6	12	8,5		
		200	7,5	12	8,5		
		200	7,5			15	10
		210	9,5				
		210	9,5				
		T = 40		T = 31			

0,00125 %

0,0125 %

13. Seife H

SH-W ₁					W ₁ -W ₂			
Deterg.		Paste			Deterg.		Paste	
W	R	W	R		W	R	W	R
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	
0		0			0		0	

0,00125 %

0,0125 %

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Dr. Peter Riethe für die Überlassung des Themas sowie die gewährte großzügige Unterstützung und den Herren Dr. Rau und Dr. Harth (Firma Elendax) für ihre stete Hilfsbereitschaft bei allen während der Anfertigung der Arbeit entstandenen Problemen herzlich zu danken.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Professor Dr. Josef Kluczka für die Übernahme des Korreferates.

Herrn Dr. Lange, Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz (Direktor Professor Dr. Dr. S. Koller), danke ich für die freundliche Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Lebenslauf

Ich, Dieter Möller, wurde als Sohn des Oberstudienrates Emil Möller und seiner Ehefrau Anita Möller geb. Böhm am 25. Januar 1940 geboren.

Seit 1946 besuchte ich die Volksschule in Witten und seit 1950 das Städtische Gymnasium Witten, in dem ich am 11. März 1959 die Reifeprüfung bestand. Im Sommersemester 1959 begann ich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz das Studium der Zahnheilkunde.

Nach dem Wintersemester 1961/62, das ich an der Ruprecht-Karl-Universität in Heidelberg absolvierte, bestand ich am 30. April 1962 die Zahnärztliche Vorprüfung vor dem Prüfungsausschuß in Mainz.

Nach dem Wintersemester 1964/65 meldete ich mich zur Ablegung des Zahnärztlichen Staatsexamens und bestand dieses vor dem Prüfungsausschuß in Mainz am 27.7.1965. Am 20.8.1965 erhielt ich die Bestallung als Zahnarzt vom Innenministerium Rheinland-Pfalz.

